



**Sveriges lantbruksuniversitet**  
*Fakulteten för skogsvetenskap*

**Institutionen för skogens produkter, Uppsala**

**Investeringsbeslutsunderlag för Certifierad Målad  
Panel (CMP) genom LCA-analys**

*Investment basis for Certifierad Målad Panel (CMP)  
by LCA-analysis*

**Erik Arén**



Sveriges lantbruksuniversitet  
*Fakulteten för skogsvetenskap*

Institutionen för skogens produkter, Uppsala

## Investeringsbeslutsunderlag för Certifierad Målad Panel (CMP) genom LCA-analys

*Investment basis for Certifierad Målad Panel (CMP)  
by LCA-analysis*

Erik Arén

**Nyckelord:** livscykelanalys, fasad, miljöanpassad produktutveckling,  
klimatpåverkan, ISO

---

*Examensarbete, 30 hp      Avancerad nivå i ämnet företagsekonomi (EX0753)*  
*Jägmästarprogrammet 11/16*

*Handledare SLU, inst. för skogens produkter: Anders Lindhagen*  
*Examinator SLU, inst. för skogens produkter: Oscar Hultåker*

## Sammanfattning

Fler och mer hållbara och förnyelsebara material i samhället behövs för att minska de negativa miljökonsekvenserna kring mänsklig konsumtion. Att använda mer hållbara material, inte minst i byggsektorn, är betydelsefullt då våra byggnader tar en stor mängd resurser i anspråk. Den svenska skogsindustrin spelar därför en viktig roll som producent av förnyelsebara byggmaterial.

En byggnads exteriöra utseende är av central betydelse och bestäms i stor utsträckning av valet utav fasadmaterial. Utöver det estetiska uttrycket är fasadens främsta uppgift att skydda den bakomliggande konstruktionen mot väder och vind. För att uppfylla högt ställda estetiska, ekonomiska och klimatmässiga krav har Svenskt Trä initierat en kvalitetsstandard, Certifierad Målad Panel (CMP). Genom livscykelanalyser kan klimatpåverkan av en sådan produkt åskådliggöras och jämföras för att ge beslutsunderlag för intressenter i byggprocesser. Denna studie i form av ett examensarbete vid institutionen för Skogens produkter, Sveriges Lantbruksuniversitet är en del av detta arbete.

Studien syftar till att åskådliggöra hur industriellt ytbehandlade panelbrädor (CMP) står sig i förhållande till ett annat likvärdigt utvändigt fasadmaterial, i detta fall puts, ur ett klimatperspektiv. I förlängningen förväntas beslutsunderlaget underlätta produkt- och processutveckling i träbyggnadsindustrin genom att påvisa de förväntade klimatfördelarna med CMP-paneler i beslutssituationer.

För att uppnå syftet används ett teoretiskt ramverk kring miljöanpassad produktutveckling med stöd av miljöledningssystemet ISO 14000. Studien utgår från ISO Standard 14044 kring LCA för att utvärdera klimatpåverkan av industriellt ytbehandlade panelbrädor och puts. IPCC's GWP<sub>100</sub> index utgör utgångspunkt vid kvantifiering av klimatpåverkan. Genom modelleringar och beräkningar av sekundärdata skapas ett grundscenario för jämförelsen. En känslighetsanalys breddar bilden av jämförelsen och påvisar vilka parametrar som har störst effekt på klimatpåverkan för respektive alternativ.

Resultatet i livscykelanalysen visar att respektive grundscenario har en total beräknad mängd klimatpåverkande utsläpp om 6,1 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> för CMP-panel och 8,8 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> för puts över en 50-årig livscykel. Färgen står för mer än hälften av klimatpåverkan för CMP-panel på grund av relativt täta underhållsintervall. Putsens klimatpåverkan härrör från produktionen av putsbruk och färgens betydelse är mindre. Vidare är osäkerhetsfaktorerna i studien stora och inga generella slutsatser bör dras.

För framtida produktutveckling i ett klimatperspektiv bör arbetet inriktas på färgsystemens användning och mängd. Förslagsvis bör forskningen kring miljöpåverkan av fasader bli mer omfattande kring ytbehandlingsmetoder.

**Nyckelord:** Livscykelanalys, Fasad, Miljöanpassad produktutveckling, Klimatpåverkan, ISO

## Abstract

More sustainable and renewable materials in the world is needed to reduce the negative environmental impacts from human activities. The use of more renewable materials, especially in the construction sector is significant because our buildings are consuming a large amount of resources. The Swedish forest industry plays an important role as a producer of renewable building materials.

A building's exterior appearance is of central importance and is mainly determined by the selection of facade materials. In addition to the esthetic expression, the primary task of the facade is to protect the underlying structure against the weather elements. To meet high esthetic, economic and climatic requirements, Svenskt Trä initiated a quality standard, Certifierad Målad Panel (CMP). A life cycle analysis of the climate impact of such a product will be visualized and compared in order to provide a basis for stakeholders in the construction sector. This study is a master thesis at the Department of Forest Products, Swedish University of Agricultural Sciences and is one piece of this progressive work.

The study aims to illustrate how CMP stands in relation to other equivalent external panel material like plaster in a climate perspective. The intension is to facilitate product and process development in the wood construction industry by demonstrating the expected climate benefits of CMP products in decision-making situations.

To achieve the purpose, a theoretical framework targeting an environmental based product development view with the support of the environmental management system ISO 14000. The study use the ISO Standard 14044 as a framework for executing LCA to determine the climate impact of CMP and plaster. The IPCC's GWP<sub>100</sub> index is chosen to quantify the climate effects. Calculation of secondary data creates a baseline for comparison. Furthermore, a sensitivity analysis shows which parameters have the greatest effect on the climate impact.

The results of the life cycle analysis shows that the basic scenarios have a total estimated amount of greenhouse emissions of 6.1 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> for CMP compared to plaster with an impact of 8.8 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> over a 50 year life cycle. The paint-system stands for more than half of the climate impact of the CMP, mostly a result of relatively frequent maintenance intervals. The plasters climate impact is derived from productions of plaster and the impact from paint is of less importance. Finally, the uncertainties in the study are large and therefore no generalized conclusions should be drawn.

For future studies on product development in a climate perspective, work should concentrate on the use and the amount of the paint-systems. It is proposed that research on the environmental impact of the facades become more widespread around the surface treatment and other factors surrounding wood construction.

**Keywords:** *Life Cycle Assessment, Facade, Environmental based product development, Climate change, ISO*

## Erkännanden

Att ha fått möjligheten att skriva mitt exjobb för Svenskt Trä har varit mycket givande och lärorikt, vilket har ökat mitt intresse för byggnation med trä. Därför vill jag rikta ett speciellt tack till Johan Larsson på Svenskt Trä som drivit projektet och givit mig förtroendet att skriva detta examensarbete.

Vidare vill jag tacka Akzo Nobel och Setra Group som tagit emot mig vid respektive anläggning vilket har varit mycket givande och viktigt för studiens utformning.

Jag vill även rikta ett tack till min handledare Anders Lindhagen på institutionen för skogens produkter, SLU som varit ett stöd i hela processen.

Slutligen vill jag även tacka Torun Hammar på fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap, institutionen för energi och teknik som givit mig stöd kring utformandet av min LCA modell.

Ett speciellt tack till Maria Nordström som givit mig stöd under hela processen.

Tack!

Erik Arén

Jägmästarkurs 11/16

# Innehållsförteckning

## Sammanfattning

## Abstract

## Erkännanden

<b>Innehållsförteckning .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Inledning.....</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrund .....	7
1.1.1 CMP, Certifierad Målad Panel.....	8
1.1.2 P-märkt puts på regelstomme .....	9
1.2 Problembeskrivning.....	9
1.3 Syfte .....	10
1.4 Avgränsningar .....	11
<b>2 Teori.....</b>	<b>12</b>
2.1 Klimatgaser .....	12
2.2 Miljöanpassad produktutveckling .....	12
2.3 Begreppet livscykelanalys i allmänhet .....	13
2.4 Livscykelanalyser enligt ISO Standard 14040/14044 .....	14
2.4.1 Fas 1: Mål, syfte och omfattning .....	14
2.4.2 Fas 2: Livscykelinventeringsanalys .....	15
2.4.3 Fas 3: Miljöpåverkansbedömning .....	16
2.4.4 Fas 4: Livscykeltolkning .....	16
2.5 Risker och etiska aspekter kring livscykelanalyser .....	17
2.6 Datamaterial i livscykelanalyser.....	18
<b>3 Metod .....</b>	<b>19</b>
3.1 Mål, syftet och undersökningens omfattning .....	19
3.1.1 Systemavgränsningar.....	19
3.1.2 Funktionell enhet .....	19
3.1.3 Allokering.....	20
3.1.4 Cut-off kriterier .....	20
3.2 Livscykelinventeringsanalys .....	20
3.2.1 Avgränsningar i urvalsprocess, insamlingsmetod och datamaterialet .....	20
3.2.2 Metadata .....	21
3.2.3 LCA beräkningar .....	21
3.3 Enhetsprocesser för CMP.....	22
3.3.1 Skog.....	22
3.3.2 Såg .....	22
3.3.3 Färgtillverkning .....	22
3.3.4 Förädling/Målning.....	22
3.3.5 Byggnation .....	23
3.3.6 Underhåll .....	23
3.3.7 Rivning/Återvinning .....	23
3.4 Enhetsprocesser Serporoc.....	24
3.4.1 Cementbrytning Förädling.....	24
3.4.2 Färgtillverkning .....	24
3.4.3 Byggnation .....	24
3.4.4 Underhåll .....	25
3.4.5 Rivning/Avfall .....	25
3.5 Känslighetsanalys .....	25
<b>4 Resultat .....</b>	<b>27</b>
<b>5 Diskussion och Analys .....</b>	<b>30</b>
5.1 Resultat.....	30
5.2 Metoden, datamaterialet och felkällor .....	32

5.3 Slutsatser och rekommendationer.....	33
5.4 Vidare forskning.....	34
<b>Referenser.....</b>	<b>35</b>

# 1 Inledning

Behovet av hållbara och förnyelsebara material i samhället ökar då de negativa miljökonsekvenserna kring mänsklig konsumtion blir allt tydligare. Att använda mer hållbara material med mindre klimatpåverkan är och kommer bli allt mer betydelsefullt (IPCC, 2013). Samhället behöver därmed *ställa* om till en "bioekonomi" där konsumtionsvaror kommer från förnyelsebara källor för att inte äventyra klimatet (Bio-Based Industries, 2014).

Den svenska skogsindustrin spelar en viktig roll som producent av förnyelsebara material. Omställningen kräver certifierade miljöledningssystem som följer standarder vilka möjliggör adekvata jämförelser i beslutssituationer kring materialval. Standardiserade livscykelanalyser är ett av flera viktiga verktyg för att utvärdera miljöpåverkan vid exempelvis skogsindustriell produktion. Idag är det framförallt pappers- och massaindustrin som driver miljöledningsarbetet inom skogsindustrin, den trämekaniska industrin har däremot inte kommit lika långt (Skogsindustrierna, 2015). Användningen och implementeringen av exempelvis livscykelanalyser är därför ett viktigt redskap i produktutvecklingen kring framtidens biobaserade produkter inom den trämekaniska industrin (Brohammer, 1998).

I den biobaserade ekonomin blir byggindustrin en stor förbrukare av träråvara och är därför en betydelsefull aktör i produktutvecklingen av framtidens förnyelsebara byggmaterial. Idag bedöms byggsektorn stå för 20 procent av samhällets resurs- och energikonsumtion (Sverigesbyggindustrier, 2016). Till det skall läggas att merparten av Sveriges kommuner har bostadsbrist och ett bostadsbyggande som möter marknadens krav under de kommande decennierna är därför nödvändigt (Boverket, 2015). I framtiden kommer sannolikt även olika byggmaterials miljöprestanda vara viktiga beslutsunderlag i exempelvis offentlig upphandling (Cementa, 2014).

En byggnads exteriöra utseende är av central betydelse och bestäms i stor utsträckning av materialvalet. Förutom det estetiska uttrycket är fasadens främsta uppgift att skydda den bakomliggande konstruktionen mot väder och vind. För att uppfylla högt ställda estetiska krav samt vara en långsiktigt lönsam investering krävs att fasaden är tillverkad på ett sätt som minimerar underhållet samtidigt som utseende och funktion upprätthålls. Fasaden skall även ha minsta möjliga negativa miljöpåverkan med bibehållna tekniska samt estetiska krav under hela livslängden (Svenskt Trä, 2015a).

Att uppfylla de högt ställda kraven för ett fasadmaterial kan vara utmanade och livscykelanalyser kan därför ge förutsättningar för att fatta investeringsbeslut med hänsyn till långsiktig hållbarhet, både ur ett klimatomfattigt och ett ekonomiskt perspektiv. Genom att jämföra olika alternativ kan en tydligare bild över vilka material som bäst svarar mot efterfrågan skapas samtidigt som miljöbelastningen åskådliggörs (Brohammer, 1998). Fördelen med ett produktorienterat miljöarbete är att de kan öka affärsmässigheten och därigenom bidra till positiva effekter för företagen, dess kunder och miljön (Swerea, 2016).

## 1.1 Bakgrund

Svenskt Trä är en del av branschorganisationen Skogsindustrierna som verkar för att utveckla och inspirera till byggande i trä. Målet är att genom information lyfta fram materialet som ett miljövänligt, förnyelsebart och konkurrenskraftigt byggmaterial och därigenom öka användningen av trä i byggnader (Svenskt Trä, 2016).



Svenskt Trä har initierat ett forskningssamarbete för att skapa ett kunskapsutbyte och informationsöverförande mellan den trämekaniska industrin, bygg- och trävaruhandeln samt byggindustrin. Detta examensarbete vid Institutionen för skogens produkter, SLU Uppsala ingår i ett forskningssamarbete och syftar till en tvärsektoriell samverkan kring industriellt ytbehandlade panelbrädor. Examensarbetet kommer fokusera på de klimatmässiga aspekterna genom en Life Cycle Assessment (LCA) i produktionskedjan. Hela projektets förhoppning är att få till stånd stegvisa innovationer kring ytbehandlade träfasader inom alla berörda branscher. Inom ramen för denna studie är det Setra Group och Akzo Nobels produkter som kommer att analyseras och jämföras mot en putsad fasad från Weber, Saint-Gobain.

I dagsläget finns det ingen färdig bransch-standardiserad och certifierad industriellt ytbehandlad panelprodukt i byggvaruhandeln, studien är en del av en pågående utvecklingsfas där förhoppningen är att få till stånd ett branschgemensamt utvecklingsarbete för industriellt ytbehandlade utvändiga panelbrädor.

### ***1.1.1 CMP, Certifierad Målad Panel***

Certifierad Målad Panel är en certifiering framtagen för att vara en branschgemensam, kvalitetssäkrad och märkt träfasadprodukt som är industriellt tillverkad för optimal prestanda. Kvaliteten säkerställs genom högre krav på träråvaran, färgbetrykningen och ytbehandlingsmaterialets egenskaper. Funktionen och livslängden för panelbrädan avgörs av att de första betrykningarna sker inomhus. Genom att använda kvalitetssäkrad och certifierad träråvara garanteras att målningen genomförs på rena och torra trätytor under bästa möjliga förhållanden. Den finsågade träytan har högt ställda krav på ytstruktur för att appliceringen av färgsystemet ska bli optimerad. Panelbrädan sågas av centrumutbyte från gran vilket ger den en bättre beständighet med stor andel kärnved (Svenskt Trä, 2015b). CMP produkten omfattar två olika ytbehandlingsklasser, CMP-Grundmålad och CMP-Grundmålad/Mellanstruken, vilka kräver slutbehandling inom 12 månader från montering. CMP har ett stort användningsområde och kan användas på de flesta hustyper (Svenskt Trä, 2015a).

### **Ytbehandling**

Generellt sett förlängs livslängden för trä utomhus om det ytbehandlas med färg. Val av ytbehandlingsmetod och färgtyp har i sin tur stor påverkan på mängden underhållsinsatser som behövs över tid. En optimerad betrykning skapar förutsättningar för en längre livslängd. Ytbehandlingens främsta uppgift är att skydda träytan från fukt och därigenom förhindra livsutrymme för nedbrytande organismer. Skydd mot fukt motverkar även rörelser vilket minimerar sprickbildningen i träet. Färgens kulör har även betydelse för dessa rörelser då mörka färger absorberar mer infrarött ljus vilket gör att temperaturskillnaderna blir större i materialet mellan exempelvis natt och dag (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2013). Färgens vidhäftning och därigenom skydd försämrar om panelbrädan utsätts för väder och vind före första betrykningen (Svenskt Trä, 2015c). Därför kan en industriell ytbehandling i anslutning till finsågningen av en panelbräda optimeras. Genom att tillverkaren uppfyller certifieringsregel för CMP skapas förutsättningar för en långlivad och beständig utvändig panelbräda. Färgmängden anpassas utifrån färgtillverkarens rekommendationer och är därigenom funktionsanpassad efter respektive färgsystem. Den industriella ytbehandlingen bidrar även till det estetiska utseendet genom att skapa goda förutsättningar för betrykning av färdigfärg i ett senare skede (Svenskt Trä, 2015c). Färdigfärgen appliceras när CMP-panelen är monterad med en åtgång om 6-8 m<sup>2</sup>/liter och underhållsintervallet bedöms vara 10-15 år (Lundberg, 2016).

### **1.1.2 P-märkt puts på regelstomme**

Putsade fasader är och har varit mycket vanliga under en lång tid och idag används nästan uteslutande kalkcementputs (KC-puts). Webers P-märkta puts för byggnader med regelstomme är ytterskiktet i fasadsystemet Serporoc. Serporoc är ett certifierat och godkänt fasadsystem av SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Putssystemet uppfyller certifieringsreglerna i *021 Byggsystem* kring fasader och ytterväggar (Mälardalens Mur och Puts, 2015).

Putssystemet kan appliceras mot den isolerande mineralullen i regelstommen på de flesta byggnadstyper. Ett tunt finmaskigt armeringsnät fästs i mineralullen där putsen senare skall appliceras. För att putsen inte skall spricka är det viktigt att armeringsnätet kan följa putsens rörelser över årstiderna (Weber, 2016). Det första grovputs-lagret sprutas på med ett underlagsbruk som helt ska täcka armeringsnätet, vilket minst skall vara 10 mm tjockt. Därefter bearbetas underlagsputsens yta tills den är jämn, vilken skall hållas fuktig i minst tre dygn för härdning. Därefter appliceras ett andra lager underlagsbruk, också minst 10 mm tjockt, dock inte tjockare än det första lagret. Även detta lager jämnas till och måste efterfuktas likt det föregående lagret (Weber, 2016). När grovputsen är torr appliceras två olika lager ytputs, båda tunnare än 10 mm, med torktid och efterfuktning efter varje lager. Efter att sista lagret är helt torrt kan ett färgsystem bestrykas på den färdiga putsfasaden (Saint Gobain Byggprodukter AB, 2015).

#### Ytbehandling puts

Putsade fasader grundmålas en gång och färdigmålas två gånger med en vattenbaserad silikatfärg av typ Murtex. Den råa putsade ytan skall vara ren, torr och fast för att vara bestrykningsbar. Färgen är karboniseringshämmande och bästa resultat fås efter att den omålade fasaden åldrats i minst ett år (Weber, 2016, Akzo Nobel, 2015).

Livslängden och underhållet av en putsad fasad varierar kraftigt men ett prognosticerat målningsintervall om 20-30 år är sannolikt. Vid underhållstillfällen kan det behövas göras mindre lagningar med nytt putsbruk (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2013).

## **1.2 Problembeskrivning**

Växthuseffekten är ett av vår tids största och mest komplexa miljöproblem. När energi från solen träffar jorden och dess atmosfär absorberas energi. Den energi som inte absorberas reflekteras tillbaka ut i rymden. Nettoeffekten mellan instrålning och utstrålning av energi måste vara noll för att klimatet skall vara stabilt över tid. Mänskligt orsakade utsläpp av växthusgaser i atmosfären ökar energiabsorptionsförmågan i atmosfären, som leder till att nettoeffekten av instrålning blir större än noll vilket höjer jordens medeltemperatur. Vad en ökad medeltemperatur får för konsekvenser är svårt att förutsäga men det har sannolikt påverkan på alla typer av fysikaliska, kemiska och ekologiska processer (IPCC, 2013). I IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) senaste rapport från år 2014 bedöms det finnas stora oförutsägbara risker med negativa konsekvenser för mänsklig fortlevnad om detta sker. Negativa verkningar kring ekosystemtjänster, biologisk mångfald och väderfenomen som påverkar mänskligt liv är att vänta (Lilliesköld, 2014).

LCA-analyser blir allt vanligare för att ge vägledning i beslutssituationer kring klimatpåverkan vid materialval för nyproduktion av byggnader. Genom allt större miljöfokus har LCA blivit ett verktyg för att förenkla och tydliggöra olika materials miljökonsekvenser (Cementa, 2014). Tidigare forskning har beskrivit olika byggmaterials klimatpåverkan, och

nedan skall några tidigare slutsatser och resultat försöka ge motiv till varför studien kan fylla en kunskapslucka.

Då produktionsfasen av byggmaterial är en av de större utsläppsposterna av växthusgaser har det funnits skäl till att göra flertalet jämförande LCA studier mellan olika material. Trä som konstruktionsmaterial har jämförts med betong i ett antal studier där miljöfördelarna påvisats (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2013, Skogsindustrierna, 2015, Wiklund, 2015). För att ta ett exempel har konsultfirman Tyréns (2015) visat att limträ som i normalfallet inte kräver underhåll under sin livscykel har mindre negativ klimatpåverkan än betong, i de fall då båda materialen har varit tillämpbara i bärande konstruktioner (Wiklund, 2015).

De livscykelanalyser som utförts på fasader av trä har främst fokuserat på livscykelkostnaden och inte klimatpåverkan. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2013) har i en sammanställande rapport beskrivit att träfasader står sig väl mot andra fasader kostnadsmässigt över en livscykel (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2013).

I ett examensarbete från Chalmers Tekniska Högskola av Dang & Baban (2008), jämförs tre olika fasadmateriäl (puts, tegel och Steni Color) både ur ett ekonomiskt och klimatomässigt livscykelperspektiv. Studien visar att 20 mm tjock, omålad puts har den lägsta monetära kostnaden över livscykeln och tillhör de materiäl med minst klimatpåverkan om 4,1 kg/CO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>. Detta gör puts till ett konkurrenskraftigt och attraktivt fasadmateriäl ur klimatsynpunkt vid nyproduktion (Dang, 2008).

Då färgval har stor påverkan på fasadens livslängd och underhållsintervall är studier på färg av betydelse. Häkkinen m.fl. 1999 har i en finsk studie visat att färgkomponenterna och färgsystemet har störst inverkan på miljöbelastningen för träfasader. Samtidigt visar studien att underhållsintervallen påverkar miljöbelastningen och livslängden av en träyta. Studien jämför en alkydfärg och en slamfärg, där slamfärgen har en mindre miljöbelastning men ett tätare underhållsintervall (Häkkinen, 1999).

Projektet "*LCA av färg*" som pågick mellan år 1996 och år 1999 var initierat av färgindustrin och där drogs slutsatsen att färgens miljöpåverkan till största del härrör från produktionen. Vidare konstaterades att underhållsintervallet har avgörande betydelse då detta är knutet till mängden färg en yta behöver bstrykas med över livscykeln. Slutsatser drogs även att det var mycket tidskrävande att kartlägga hela färgsystemets miljöpåverkan (Axelsson, 1999).

Sammanfattningsvis med utgångspunkt i tidigare studier och forskning kan träprodukter vara miljömässigt konkurrenskraftiga samt kostnadseffektiva som materiäl. Det finns även indikatorer på att puts kan stå sig väl mot en industriellt ytbehandlad träfasad ur ett klimatpåverkansperspektiv. Det den tidigare forskningen inte har kunnat påvisa är om de klimatomässiga fördelarna kan bibehållas på en fasad av trä med förväntat större underhållsbehov jämförelse med en putsad fasad med mindre underhållsbehov över livscykeln.

### 1.3 Syfte

Studien syftar till att åskådliggöra hur industriellt ytbehandlade panelbrädor står sig i förhållande till ett annat funktionsmässigt likvärdigt utvändigt fasadmateriäl i ett klimatsperspektiv. I förlängningen förväntas detta underlätta produkt- och processutveckling i träbyggnadsindustrin genom att påvisa de förväntade klimatomfördelarna med CMP-paneler i beslutssituationer kring fasadmateriäl.

## **1.4 Avgränsningar**

Studiens omfattning av jämförelsen avgränsas till fasadmaterialets klimatpåverkan av växthusgaser över livscykeln inklusive utvändiga färgsystem och underhåll. Olika fästsystem, bakomliggande konstruktioner och andra applikationer exkluderas och antas vara likvärdiga i jämförelsen. Produktionsanläggningar som berörs är Akzo Nobels Sege-anläggningen i Burlöv samt Setras förädlingsanläggning i Skutskär och Setra Färila Sågverk AB.

## 2 Teori

För att kunna ge underlag för investeringsbeslut kopplat till klimatpåverkan behövs ett teoretiskt ramverk. Nedan kopplas fenomen, teori och teoretiska resonemang samman i ett livscykelperspektiv kring produkters klimatpåverkan. Den teoretiska genomgången syftar till att belysa och tydliggöra fenomen, faktorer, metoder och resonemang som är av betydelse för vidare förståelse kring studiens utformning och resultat.

### 2.1 Klimatgaser

Absorptionsförmågan av energi från solen i atmosfären påverkas framförallt av vilken koncentration av växthusgaser som råder. Vanliga beräkningsgrundande mänskligt orsakade klimatgaser vid bedömning av växthuseffekt är; koldioxid, lustgas och metan (IPCC, 2013). Den molekylära strukturen påverkar absorptionsförmågan av energi. Global Warming Potential (GWP) är ett index som omvandlar olika växthusgasers klimatpåverkan till en jämförbar mängd av koldioxid, så kallade koldioxidekvivalenter (eq), se Tabell 1. IPCC definierar GWP indexet genom olika integrationstider; 20, 100 och 500 år för hur länge en växthusgas förväntas påskynda växthuseffekten i atmosfären. Genom att gaserna har varierande uppehållstid i atmosfären innan de omvandlas genom kemiska eller fysikaliska processer får dimensionen *tid* betydelse för klimatpåverkan, se Tabell 1.  $GWP_{100}$  har blivit en vedertagen integrationstid vid beräkningar av olika processers klimatpåverkan. Det finns emellertid inget vetenskapligt argument för att just välja en tidshorisont om 100 år, utan det har praktiska motiv utifrån en mänsklig tidskala (Kungliga Tekniska Högskolan, 2016).

Tabell 1. IPCC's indexering av  $CO_2$  eq, egen bearbetning, (IPCC, 2007)

Gas	$GWP_{20}$	$GWP_{100}$	$GWP_{500}$
Koldioxid ( $CO_2$ )	1	1	1
Metan ( $CH_4$ )	72 eq	25 eq	7,6 eq
Lustgas $N_2O$	289 eq	298 eq	153 eq

### 2.2 Miljöanpassad produktutveckling

Genom att teoretisera och betrakta miljön som en tillgång ur företagsekonomiskt perspektiv vilken förser företaget med råvaror och tjänster nödvändiga för produktion kan miljöarbete ses som värdeskapande. Denna mycket speciella och unika tillgång måste då vårdas av företaget och inte överutnyttjas för att även i framtiden tillhandahålla värdefulla varor och tjänster för företaget. Tillgångsslaget "miljö" bör därför inte i företagsekonomiska sammanhang ses som avskrivningsbart, vilket gör att miljöarbetet är angeläget för att säkerställa tillgångens fortsatta existens för företaget (Tietenberg, 2003).

Tietenberg menar vidare att "miljö" i det tillspetsade och teoretiserade resonemanget bör knytas till risk, vilket blir avgörande då företaget å ena sidan strävar efter att nyttja tillgången maximalt samtidigt som den inte får försämrats. Riskbedömningen måste då utgå från någon typ av kvantifierbar information som går att processa för att ge beslutsunderlag (Tietenberg, 2003). Därför tog bland annat det internationella näringslivet inför miljökonferensen i Rio de Janeiro år 1992 initiativet till att börja skapa företagsekonomiskt anpassade miljöledningssystem (Brorson, 2005).

Eftersom produkter och tjänster utvecklas kontinuerligt för att möta kunders behov behöver miljöarbetet utvecklas och förbättras. Behovet av produkter som har en liten negativ miljöpåverkan samtidigt som det tillfredsställer de primära behovet har ökat (Brorson, 2005).

Innovation kan initieras från uppkomna problem, behov eller krav hos den potentiella kunden. Miljöanpassning är ofta ett krav hos kunder vid beslutssituationer kring produkt och materialval (Brohammer, 1998). Därför har idag merparten av all processindustri någon form av miljöanpassat utvecklingsarbete, vilket har visat sig kunna ge affärsmässiga fördelar genom resurseffektivisering och påvisbara miljöförbättringsresultat i marknadsföringssammanhang (Brorson, 2005). Även potentiella kunder, investerare och myndighetsutövare skärper över tid kraven kring de miljömässiga konsekvenserna av företags produktion av varor och tjänster. Detta gör att miljöarbetet måste vara progressivt för att möta framtidens krav från samhällets alla intressenter (Brohammer, 1998).

Produktutveckling i företagsinterna sammanhang syftar till att ta fram nya produkter eller koncept på en ny eller sedan länge etablerad marknad. Produktutveckling grundar sig i förändringar av *marknadsaspekter* och/eller *produktionsaspekter* (Olhager, 2000). Panelbrädor är sedan långt tillbaka en mycket etablerad fasadprodukt och har producerats på ungefär samma sätt under lång tid (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2013), produktionsaspekterna kan därmed anses vara konstanta. Däremot kan det förväntas att marknadsaspekterna ändras med ett större miljöfokus från kund. Således är marknadsmässiga hänsynstaganden kopplat till klimatpåverkan ett sätt att produktutveckla en tillsynes gammal produkt (Olhager, 2000).

Genom tillämpning av ovan nämnda teoretiska resonemang finns det motiv till att tro att det kan finnas konkurrensfördel för en fasadprodukt med minimerad klimatpåverkan. Därför är det motiverat att genom vedertagna livscykelanalysmetoder undersöka vad olika fasader har för beräknad klimatpåverkan. Utifrån detta kan ett tvärsektoriellt tänkande skapa förutsättningar för ett framåtskridande utvecklingsarbete kopplat till klimatpåverkan av panelbrädor.

## 2.3 Begreppet livscykelanalys i allmänhet

Begreppet Life Cycle Assessment (LCA) är en relativt ny teoretiserad metod som dyker upp under 1970-talet för att bedöma miljöpåverkan av material eller produkter i ett livscykelperspektiv. Processen är ofta flexibel och här används *iteration* vilket innebär att arbetsgången ständigt omvärderas och utvecklar livscykeln omfattning. Genom att studera råvaruframställning, olika produktionsförlopp, nyttjande och till sist återvinning eller deponi (s.k. "vaggan till graven") av en produkt kan en bedömning och slutligen en analys göras kring olika *miljöpåverkanskategorier*. En miljöpåverkanskategori är den eller de miljöpåverkanfaktorer som representerar ett miljöproblem och vilket livscykelanalysen syftar till att kvantifiera. Det kan exempelvis vara växthuseffekt, försurning, övergödning, markanvändning eller marknära ozon (Baumann, 2004).

Historiskt sätt har livscykelanalyser nyttjats för enklare energi- och produktanalyser. Det har förekommit flertalet olika standarder framförallt inom olika länder och branscher, även idag varierar innebörden av begreppet livscykelanalys. En förenklad metod är en så kallad "grind till grind" då livscykeln begränsas till en produktionsanläggning. Nackdelen med den här sträma livscykelanalysen är en potentiell risk för suboptimering när analysen utesluter andra tidigare och senare faser som kan ha stora miljökonsekvenser. Det skall dock sägas att det kan vara motiverat om syftet har starka interna motiv och om det finns skäl att utesluta externa processer. Det var först under 1990-talet som en tydlig standard för LCA implementerades genom ISO Standard 14040 och en harmonisering av olika nationella standarder möjliggjordes. Idag utgår över 90 % av alla standardiserade LCA-analyser från ISO's standarder vilket ökar jämförbarheten och användbarheten (Klöppfer, 2014). Det bör

förtydligas att ett LCA-resultat inte skall reduceras till ett enskilt slutresultat eller tal då de ofta förenklar komplexa system och samband (SIS, 2006a).

## 2.4 Livscykelanalyser enligt ISO Standard 14040/14044

Genom det internationella organet ISO (The International Organization for Standardization) finns det fastslagna riktlinjer för hur en LCA ska vara utformad. ISO 14040 och 14044 tillhör standarder från 2006 års uppdateringar. ISO 14000-serien behandlar alla ISO standarder för miljöledningssystem (ISO, 2006). Standarderna är vedertagna inom LCA-analyser och är den enda internationellt vetenskapligt accepterade metoden för miljöpåverkansbedömningar av produkter i ett livscykelperspektiv (Klöppfer, 2014). ISO Standard 14040 bygger på generella riktlinjer för en produkts miljöpåverkan över livscykeln genom råvaruanskaffning till slutanvändning utan bindande direktiv.

Standarden syftar till att vara ett verktyg för bedömning kring olika produkters och processers miljöpåverkan och därigenom öka förståelsen för olika processers miljöpåverkan vid beslutssituationer (SIS, 2006b). Syftet med en LCA är ofta att ge beslutsfattare inom industri, statliga organisationer eller annan intressent underlag för strategisk planering, prioriteringar och produkt- eller processutveckling. ISO-standardiserade livscykelanalyser används även för mer marknadsmässiga ändamål som marknadsföring, implementering av miljömärkning och varudeklarationer.

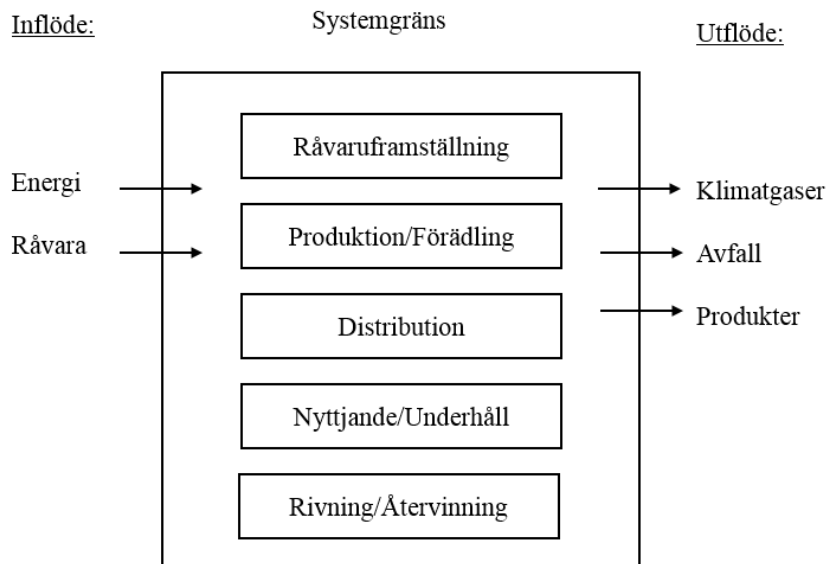
Standarden är relativt fri för tolkning och syftar till att skapa en iterativ arbetsprocess i miljöpåverkansbedömningen (ISO, 2006). Detta har gjort att LCA har fått mycket kritik i vetenskapliga sammanhang. Därför är det viktigt att motiven och omständigheterna runt en livscykelanalys är tydligt beskrivna och kartlagda. Nedan beskrivs ISO Standard 14044, en LCA i fyra föreskrivna faser som följer varandra (Klöppfer, 2014).

### 2.4.1 Fas 1: Mål, syfte och omfattning

I den inledande fasen beskrivs fundamentala förutsättningar för hela livscykelanalysen och i vilken kontext den ska användas som beslutsunderlag. ISO Standard 14044 kräver tydliga upplysningar kring frågor såsom *”Vad är målet och syftet med analysen?”* *”Varför är just en LCA motiverad?”* *”På vem/vilkas uppdrag genomförs analysen och är det en jämförande analys?”* Även djup och noggrannhet bör definieras och detta görs genom val kring begrepp som *miljöpåverkanskategorier* *systemavgränsningar*, *enhetsprocesser*, *funktionell enhet*, *allokerings principer* och val av *Cut-off kriterier* (Klöppfer, 2014, ISO, 2006, SIS 2006a). I följande stycken beskrivs ovannämnda begrepp mer utförligt.

#### Systemavgränsningar och enhetsprocesser

En jämförande LCA bör innehålla ett processträd där ett produktionssystem definieras översiktligt genom enhetsprocesser. Enhetsprocesserna såsom exempelvis råvaruanskaffning, tillverkning och återvinning (se Figur 1) skall avgränsas för att senare kvantifieras i form av inflöden och utflöden i modellen utifrån de valda miljöpåverkanskategorierna. Inflöden respektive utflöden kan exempelvis vara de råvaror, energimängder, produkter, avfall och emissioner som förs in alternativt lämnar systemet (SIS, 2006b). Urvalet utförs med hänsyn till förväntad betydelse av miljöpåverkan och syftet med studien. Förslagsvis kan två likvärdiga steg i två jämförande processer slopas då de inte kommer avgöra miljöpåverkan för något av alternativen. Det kan finnas anledning att omvärdera dessa val senare då en iterativ arbetsmetodik kontinuerligt är tillämpbar (Klöppfer, 2014). Systemet och tillhörande enhetsprocesser bör beskrivas i sådan omfattning att det går att upprepa av annan extern part (SIS, 2006b).



Figur 1. Generell beskrivning av ett produktsystem med innehållande enhetsprocesser enligt ISO Standard 14044, egen bearbetning (Klöpffer, 2014).

### Funktionell enhet

Funktionell enhet ( $fU$ ) är den referensenhet som skall möjliggöra jämförelser mellan enhetsprocesser eller system i en livscykelanalys. Enheten syftar till att relatera olika inflöden och utflöden i livscykelanalysen till en i sammanhanget relevant enhet. Den funktionella enheten skall vara tydligt definierad, möjlig att kvantifiera och relatera till syftet med livscykelanalysen (ISO, 2006).

### Allokering

Allokering avgör hur fördelningen mellan inflöden och utflöden skall delas upp för en specifik enhetsprocess. Allokeringen skapar principer för hur miljöpåverkansfaktorer skall belasta olika produkter och/eller biprodukter i ett produktionsled där ett flertal system ingår (ISO 2006, Tillman, 2004). Val av allokeringsprincip kan få stor inverkan på resultatet och skall därför beaktas.

### Cut-off kriterier

Begreppet avgör mängd råvara och energi i systemet som skall beräknas och adderas till miljöpåverkanbedömning för det studerade systemet. Inflöden av volym, massa, energisort och dess miljörelevans kan vara utgångspunkter för vad som skall beaktas respektive uteslutas. Cut-off kriterierna bör vara principiellt jämförbara med allokeringsprinciperna.

### **2.4.2 Fas 2: Livscykelinventeringsanalys**

Denna fas avser själva datainsamlingen, beräkningar och omvandling till den funktionella enheten för enhetsprocesser och i förlängningen hela systemet. Utgångspunkter är de definitioner och avgränsningar från föregående fas vilka med fördel åskådliggörs i ett processträd med enhetsprocesser i ett flödesschema.

Val av data utgår från fastslagna avgränsningar och definitioner av *mål*, *syfte* och *omfattning*. Data kan inhämtas från produktionstekniska steg kopplade till de olika enhetsprocesserna. I praktiken används en blandning av uppmätta, beräknade och uppskattade data (SIS, 2006a) och här kan den iterativa processen initieras då datakvalitet är gränssättande (Klöpffer, 2014). Systemavgränsningarna och allokeringsprinciperna i de olika enhetsprocesserna är här



betydelsefulla för datainhämtningen (ISO, 2006). Vid alltför högupplöst data kan en aggregering vara motiverad kring enskilda enhetsprocesser. Vid för lågupplöst data kan en sammanslagning av två eller fler enhetsprocesser också vara motiverad. Datainsamlingsprocessen är komplex och kanske den mest betydelsefulla fasen av en livscykelanalys, vilket påverkar förväntad validitet och reliabilitet (Klöpffer, 2014). Kraven på data skall fastställas utifrån *mål*, *syfte* och *avgränsningar* för att möjliggöra bedömningar kring representativitet, reproducerbarhet samt teknisk- tidsmässig- och geografisk täckning (SIS, 2006b). Metadatatinsamling kring ovan nämnda aspekter bör därför beaktas eftersom det kan ha betydelse för forskningens tillförlitlighet och användbarhet i senare skeden (Brohammer, 1998).

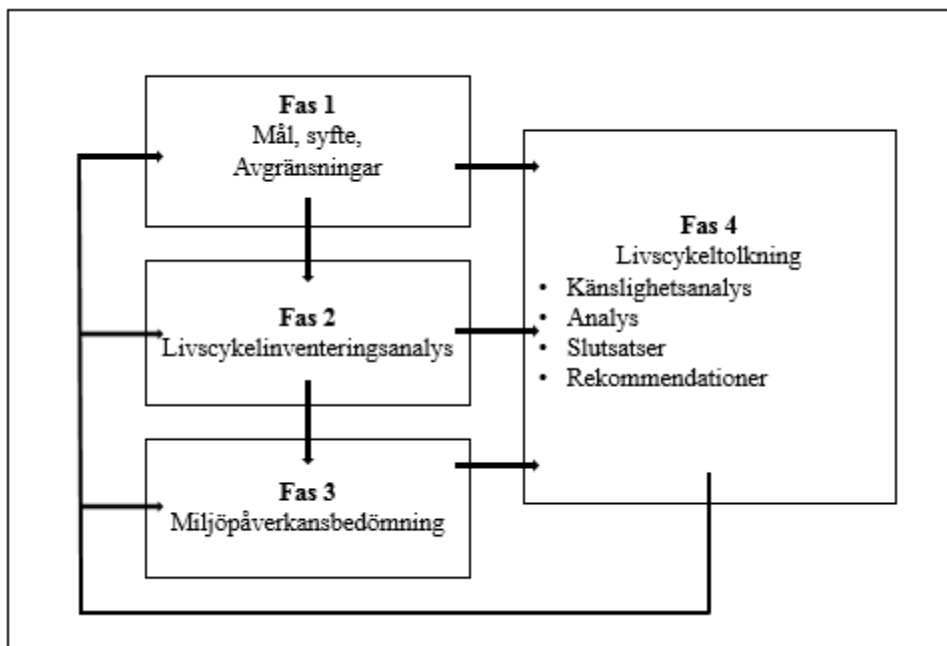
När lämplig data är insamlad finns det underlag för att påbörja beräkningsprocessen, vilken ska sammanställas och beskrivas. Beräkningarna bör vara konsekvent utförda mellan enhetsprocesser och system för att på ett adekvat sätt relatera till den funktionella enheten (SIS, 2006b).

### **2.4.3 Fas 3: Miljöpåverkansbedömning**

Miljöpåverkansanalysen är en relativ metod som används inom ISO Standard 14044 och görs utifrån de resultat som kommer av beräkningar från *Fas 2*. Syftet är att relatera miljöpåverkan från resultatet i livscykelinventeringen till den funktionella enheten (ISO, 2006). Förfarandet skiljer sig mot andra utvärderingar kring miljöprestanda då den är relativ. Därför kan det vara svårt att jämföra resultat från olika livscykelanalyser med olika funktionella enheter. Det är först nu den funktionella enheten ges betydelse i numerisk mening och generellt kan resultaten presenteras för exempelvis klimatpåverkan  $GWP_{100}$  som  $kg\ CO_2eq/kg$  (SIS, 2006b, Klöpffer, 2014, Baumann, 2004).

### **2.4.4 Fas 4: Livscykeltolkning**

Miljöpåverkan måste tolkas enligt ISO Standard 14044 i förhållande till syfte och mål. Tolkningen avser att ta fram rekommendationer och slutsatser genom att kritiskt granska processens tillvägagångssätt, datakvalitet och i slutändan tillförlitlighet. De största osäkerhetsfaktorerna skall identifieras och en känslighetsanalys skall belysa substantiella effekter av inflöden och utflöden i produktsystemet (ISO, 2006). Även i slutskedet av analysen kan den iterativa processen vara tillämplig för att öka kvaliteten i LCA-analysen, se Figur 2 (Klöpffer, 2014).



Figur 2. Iterativ arbetsgång för LCA enligt ISO Standard 14044, egen bearbetning (Klöppfer, 2014).

## 2.5 Risker och etiska aspekter kring livscykelanalyser

Livscykelanalyser och de beräkningsgrundande modellerna som skapas förenklar ofta kraftigt omständigheterna mellan sammansatta och sammanlänkande miljöfenomen. Sambanden kan vara allt för komplexa för att täckas av teoretiserade modeller som i stor utsträckning bygger på antaganden och uppskattningar. Risken finns därmed att livscykelanalyser kan ge godtyckliga resultat genom att forskaren, uppdragsgivare, finansiärer eller annan intressent medvetet eller omedvetet har ett förutbestämt syfte eller mål med resultatet. Eftersom miljöpåverkanfaktorer ofta är sammanlänkade, såsom koldioxidutsläpp och förorening (IPCC, 2013) finns det starka skäl att titta på flertalet faktorer och aspekter vid tolkning av resultat innan slutsatser dras. Livscykelanalyser som beslutsunderlag har som tidigare nämnts fått och får fortfarande mycket kritik då de förenklar komplexa system där sambanden kan vara oklara (Baumann, 2004).

En stor osäkerhetsfaktor är att livscykelanalyser skapar scenarier om kommande miljöpåverkan, vilket i sig är problematiskt då framtida händelser eller skeenden alltid innehåller osäkerheter. En risk med metoden kan vara att potentiella miljöeffekter ej behöver inträffa eller att oförutsedda händelser sker som inte åskådliggjorts eller uppmärksammas. Därför kan livscykelanalyser som beslutsunderlag för företag, kunder, lagstiftare eller andra intressenter vara vilseledande då det alltid är svårt att bedöma framtida miljökonsekvenser. Utifrån detta är det viktigt och av central betydelse att förstå samt använda en livscykelanalys som ett komplement vid bedömning av miljöpåverkan (Ayres, 1995).

Andra risker med livscykelanalysmetoden är att de ställer höga krav på de individer som skall genomföra studien. Vanligtvis behövs omfattande kunskaper kring praktiska och tekniska processer rörande råvaruansaffning, produktionssteg samt användningsområden för en produkt. Processerna och de skeendena som finns skall även kopplas och relatera till olika utsläpp, vilket slutligen skall knytas till ett eller flera miljöproblem. Allt detta gör metoden tids- och resurskrävande. Att metoden är komplex kan få till följd att allt för enkla och förhastade antagande görs då tiden som är avsatt för analysen ofta är begränsad (Brower, 1999). Om de individer som utför livscykelanalysen inte har tillräckliga kunskaper för att

kartlägga och beakta alla skeenden kan antaganden och systemavgränsningar bli bristfälliga vilket påverkar hela livscykelanalysens validitet och reliabilitet (Brohammer, 1998). Exempel på sådana allt för enkla och ensidiga livscykelanalyser kan finnas då produkter skall marknadsföras som miljövänliga, då beställaren av livscykelanalysen har ett förutbestämt syfte med resultatet (Knaggård, 2009).

## 2.6 Datamaterial i livscykelanalyser

I de flesta forskningssammanhang delas datamaterial in i *primärdata* och *sekundärdata*, så även i LCA sammanhang. Primära datakällor består av att ny och obearbetad data som inhämtas genom en eller flera insamlingsmetoder. Sekundärdata är således motsatsen och då används redan tillgängligt och bearbetat datamaterial som erhållits från andra sammanhang (Halvorsen, 1992).

Motivet till att använda sekundära datakällor är oftast tidsvinster då datainsamlingsprocessen kan vara tidskrävande och därigenom kostsam. Finns ett liknande datamaterial tillgängligt för den aktuella forskningen kan det med fördel användas istället för att nya data skall inhämtas (Denscombe, 2005).

Utmaningen ligger i att avgöra om förhållanden för tidigare inhämtade data är jämförbara med den forskning som skall bedrivas (Halvorsen, 1992). Halvorsen menar därför att nackdelen med sekundära data kan vara att den har införskaffats under operationellt andra definitioner än vad den aktuella forskningen syftar att utröna. Dessutom kan olika typer av data blandats vilket påverkar användbarheten av forskningsresultatet. Dessa definitioner kan finnas tillgängliga som metadata och ge vägledning om datasetet är tillämpbart. Aggregerad sekundärdata från flertalet olika källor skiljer sig sannolikt även i de operationella definitionerna kring mätningsskall, enheter, geografi, felkällor, ålder och andra faktorer av betydelse (Halvorsen, 1992). Om data ändå väljs under sådana omständigheter i brist på annan sekundär- eller primärdata påverkas hela forskningens reliabilitet och validitet. Brist på kontroll kring datakvalitet och under vilka omständigheter den inhämtas är kanske den största nackdelen med forskning som bedrivs utifrån sekundärdata (Denscombe, 2005).

I LCA sammanhang nyttjas flitigt allmänna och publika databaser, vilka ofta får stor betydelse vid datainsamlingen. Data utgörs vanligen av medelvärden för generella processer eller miljöfenomen. Sådana generella data gör att livscykelanalyser kring specifika produkter som baseras på sekundärdata från databaser kan bli missvisande eller bristfälliga. Då primärdatainsamling inte är möjligt kan det få konsekvenser för en produkts bedömda miljöpåverkan och vilka slutsatser som dras kring det (Knaggård, 2009). Det finns anledning att vara kritiska mot enskilda livscykelanalyser som behandlar en specifik produkt och bygger på generella data. Knaggård anser vidare att detta kan ha inverkan på hur osäkerhet skall bedömas i exempelvis policyprocesser där livscykelanalyser utgör beslutsunderlag. Därför bör datainsamlingsprocessen sträva efter att finna specifik sekundärdata, vilket är krävande och svårt i sig. Är karven höga på noggrannhet är primärdata att föredra (Knaggård, 2009).

I produktutvecklingsfaser är ofta tiden en begränsande faktor då företag vill var tidseffektiva och därigenom hålla nere utvecklingskostnader, vilket medför att sekundärdata normalt införskaffas i inventeringsanalysen. I de fall resultat från livscykelanalyser utgör beslutsunderlag för konsumenter, företag och andra intressenter är det viktigt att förhålla sig kritiska till den data som används eftersom den är gränssättande för användbarheten av en LCA (Brohammer, 1998).

## 3 Metod

Nedan operationaliseras den valda och ovan presenterade metoden enligt den standardiserade metodiken från ISO Standard 14044, vilket på ett översiktligt sätt beskrivs. Metodgenomgången strävar efter att på ett pragmatiskt och kortfattat sätt ge läsaren tillfredsställande förståelse kring studiens genomförande i enlighet med standarden.

Genom att utgå från standarden skall miljöpåverkanskategorin växthuseffekt kvantifieras av produktorsakade utsläpp genom GWP<sub>100</sub> indexet. Beräkningarna görs i en iterativ process tills ett troligt resultat erhålls. Sekundärdata och empiriska observationer samlas in fortlöpande under livscykelinventeringsanalysen för att komplettera och förfinas den numeriska beräkningsmodellen. Olika scenarion tas fram för att påvisa vilka faktorer och enhetsprocesser som har betydelse för fasadmaterialets klimatpåverkan. Nedan följer en beskrivning kring tillämpningen av metoden och arbetsgången med utgångspunkt i ISO 14044 *fas 1-3*. Fas fyra inkluderas i avsnitten *Diskussion och Analys*.

### 3.1 Mål, syftet och undersökningens omfattning

Livscykelanalysens mål och syfte är att jämföra en industriellt ytbehandlad utvändigt panelbräda av CMP typ med en putsad fasad av fabrikat Serporoc ur ett klimatperspektiv.

Valet att jämföra CMP-panel med Serporoc motiveras genom att puts är ett mycket vanligt förekommande fasadmateriäl. Jämförelsen syftar till att öka användbarheten och sätta två produkter i relation till varandra. De två fasadtyperna kan användas på byggnader med regelstomme och kan därför ses som fasadsystem som uppfyller samma funktion. Syftet är att förtydliga och åskådliggöra de förväntade miljöfördelarna med ett förnyelsebart materiäl som trä med tillhörande färgsystem.

Uppdragsgivarna för livscykelanalysen är Svenskt Trä.

En livscykelanalys med utgångspunkt från ISO Standard 14044 är motiverad då metoden är vedertagen, definierad och standardiserad för att beräkna klimatpåverkan av produkters utsläpp över en livscykel.

#### 3.1.1 Systemavgränsningar

Systemen har avgränsats till att beräkna klimatpåverkan över en livscykel av en CMP-Grundmålad/Mellanstruken produkt, ytbehandlad med Akzo Nobels vattenbaserade färgsystem. Jämförelser skall göras med Webers putsbruk som ingår i putsfasadsystem Serporoc. Klimatpåverkan beräknas på de processer som har direkt samband med fasadernas framställning och vidmakthållande av funktion. De två fasadsystemen ytbehandlas ur klimathänseende med en likvärdig färg från Akzo Nobel. Däremot skiljer sig underhållsintervall och mängd färg åt. Enhetsprocesser och steg som ingår i systemen beskrivs närmare under rubrik *Enhetsprocesser* för respektive produkt.

#### 3.1.2 Funktionell enhet

Den funktionella enheten (*fU*) har definierats som *kg koldioxidekvivalenter (eq) per m<sup>2</sup> målad fasad i 50 år*. Valet motiveras genom att definitionen gör fasadmaterialet jämförbara ur ett livscykelperspektiv med liknande funktion och liknande livslängd (SIS, 2008).

### **3.1.3 Allokering**

Utöver de allokeringar som gjorts i sekundärdata främst från Ecoinvent, allokeras och krediteras energiutvinningen vid förbränning av biomassa med en motsvarande mängd energi (50 % vattenkraft, 50 % kärnkraft) som skulle konsumerats i annat fall från annan energikälla. Detta innebär att den utvunna energimängdens miljöpåverkan minskar klimatpåverkan av förnyelsebara biomaterial vid förbränning av dessa för energiändamål (Tillman, 2004).

### **3.1.4 Cut-off kriterier**

In- och utflöden i systemet skall beräknas och fördelas genom skogsråvara (m<sup>3</sup>), putsbruk (kg), färg (kg) och energiåtgång (kWh) i samtliga enhetsprocesser tillhörande en (1) m<sup>2</sup> fasad. Klimatpåverkans relevans är utgångspunkter för vad som skall beaktas och vad som skall uteslutas. Aktiviteter och/eller processer som bedöms tillhöra systemet vilka påverkar en enskild enhetsprocess totala klimatpåverkan med mindre än 2 % utesluts ur beräkningarna.

## **3.2 Livscykelinventeringsanalys**

### **3.2.1 Avgränsningar i urvalsprocess, insamlingsmetod och datamaterialet**

Sekundärdata för klimatpåverkande processer används i första hand från Ecoinvent *Version 2.2* som har tillhandahållits genom licensierade inloggningsuppgifter från Sveriges Lantbruksuniversitet. Ecoinvents digitala och webbaserade databas är en av de mest omfattande för livscykelinventeringsanalyser. Databasen sammanställer och aggregerar flertalet produktrelaterade processer och skeenden. Data hämtas från avslutad och publicerad forskning kring miljöpåverkande utsläpp och miljöproblem. Ecoinvent används av flertalet intressenter och utgör underlag för forskare, företag och miljöorganisationer som söker datamaterial för olika typer av livscykelanalyser (Ecoinvent, 2010).

Sekundärdata som används från ovan nämnda källa baseras på IPCC klimatrapport från 2007 och alla beräkningar utgår från GWP<sub>100</sub> indexet. Genom att de har utförliga uppgifter om metadata finns en i sammanhanget hög transparens. Det går att finna GWP<sub>100</sub>-data kring framställning av för studien viktiga processer som sågade barrträvaror och cement, vilka är väl definierade i enskilda enhetsprocesser (Ecoinvent, 2010).

Sekundärt används de berörda företagens produktspecifika livscykeldata, anläggningsdata, miljörapporter samt varudeklarationer. Vidare skall sekundärdatainhämtningen av klimatpåverkan från processer sträva efter att finna data som beräknats genom GWP<sub>100</sub> indexet från år 2007 IPCC rapport (IPCC, 2007). Insamlingen skall även sträva efter att finna data som är den senast tillgängliga, uppdaterade och med högsta möjliga geografiska riktighet. Sekundärdata från företagsrapporter skall jämföras med datamaterial från Ecoinvent *Version 2.2* och vice versa i de fall möjlighet finns. Eventuella jämförelser i den iterativa processen syftar till att minimera risken för att beräkningsgrundande data är bristfällig eller felaktig.

Där data inte är tillgänglig från ovan nämnda källor används annan lämplig och tillämpbar sekundärdata, när detta sker skall det beskrivas. Då data inte är tillgänglig görs antaganden som är rimliga i sammanhanget. Antaganden får däremot inte påverka en enskild enhetsprocess totala klimatpåverkan mer än 10 %. Om detta görs måste datainsamlingen utökas tills adekvat data erhållits alternativt antas förhållanden vara likartade i jämförelsen. Exempelvis har dieselförbrukning vid maskinella arbeten som rör rivningsarbeten antagits vara lika för de två alternativen.

Utöver sekundärdatainhämtning har kompletterande empiriska observationer gjorts genom studiebesök på Akzo Nobel den 3:e mars år 2016, Sege-anläggningen, Burlöv samt Setras

förädlingsanläggning den 14:e mars år 2016, Skutskär. Här har processindustrins olika steg och faser kartlagts för att komplettera bilden kring systemgränser, enhetsprocesser och beräkningsmodellen, dock främst kopplat till produktionen av CMP-panelbrädan. Studiebesöken har även varit ett sätt att diskutera och resonera kring studiens upplägg med berörda företag som ingår i CMP utvecklingen.

För klimatpåverkan av färg över en hel livscykel används en generell vattenbaserad fasadfärg från Akzo Nobel. Data hämtas från Akzo Nobels egna LCA beräkningar och klimatpåverkan av färgsystemet används för både CMP-panelbrädan och Serporoc. Klimatpåverkan är beräknad enligt GWP<sub>100</sub> indexet och utgår delvis från Ecoinvent (Olsson-Karlberg, 2016). Färgtillverkningsprocessen är kartlagd genom studiebesök vid anläggningen men syftar till att beskriva och fastställa de underhållsmässiga förutsättningarna för fasadtyperna.

Data som berör Setras såg- och förädlingsprocesser, vilka inte går att finna från Ecoinvent *Version 2.2*, har erhållits från Setras anläggningsspecifika data vilka beskrivs och inhämtas efter genomfört studiebesök. Data rörande anvisningar, varor och tjänster och antaganden redovisas nedan i punktform.

- Bygganvisningar om tjocklek och arbetsgång för Serporoc är hämtad från Webers produktfilm (Weber, 2016)
- Energiförbrukning beräknas och omvandlas till klimatpåverkan utifrån vilket energislag som används och beräknas från IPCC (IPCC, 2007)
- Data och klimatpåverkan av transporter är hämtade från Trafikanalys och avser *Euroklass 5* vilket motsvarar 0,13 kg CO<sub>2</sub>eq per ton/km (Naturvårdsverket, 2014) Transportavstånden som beräknas är genererade genom GPS och avrundade uppåt till närmsta hundratal kilometer.
- Maskinella arbeten som sandbrytning, byggnation, underhåll, rivning, återvinnings- och avfallshantering beräknas ge en klimatpåverkan genom förbränning av diesel motsvarande 0,33 kg CO<sub>2</sub>eq/kWh (Ecoinvent, 2010).

### 3.2.2 Metadata

Validitet och reliabilitet i livscykelanalyssammanhang avgörs huvudsakligen av tillgången på metadata för att kunna bedöma användbarheten av sekundärdata som nyttjas. Viktiga aspekter som *tid* och *rum* har varit utgångspunkten för val av sekundärdata (Brohammer, 1998), vilket har inneburit att den geografiska och tidsmässiga teckningen har varit betydelsefullt i urvalet. Databasen Ecoinvent har i sammanhanget stor tillgång på metadata och är därav lämplig för insamling av beräkningsgrundande sekundärdata med rumslik och tidsmässig godtagbar omfattning. Metadata är lättillgänglig och beskrivningar kring antaganden finns i varierande utsträckning i databasen. Metadata från andra källor finns i skiftande mängd vilket har påverkat och begränsat urvalet.

### 3.2.3 LCA beräkningar

Alla beräkningar har genomförts med sekundärdata enligt ovan nämnda kriterier där varje enhetsprocess har utgjort en beräkningsenhet som adderats till en summa för de olika klimatpåverkande utsläppen inom systemgränserna. Samtliga klimatpåverkande processer av substantiell betydelse har omvandlats till *koldioxidekvivalenter per m<sup>2</sup> målad fasad i 50 år* i modellen. Därefter har en iterativ process tillämpas för att förfina och förbättra modellen.

Processer inom en enhetsprocess som understiger 2 % av totala klimatpåverkan av samma enhetsprocess har uteslutits.

Scenarion har beräknats från produktspecifika rekommendationer om underhållsintervall. Ett grundscenario fastställs i den iterativa processen som sedan kan modifieras genom att variera olika parametrar. Detta syftar till att åskådliggöra faktorer som har stor påverkan av den totala klimatpåverkan för respektive fasadtyp.

### **3.3 Enhetsprocesser för CMP**

Nedan följer en beskrivning av de beräkningsgrundande processerna, data och faktorerna inom varje enhetsprocess. Systemet åskådliggörs även i Figur 3.

#### **3.3.1 Skog**

För klimatpåverkan och emissionerna av klimatgaser i skogen används sekundärdata framställd av databasen Ecoinvent (2007). Enhetsprocessen avser mänskligt orsakade utsläpp från aktiviteter som markberedning, plantering, röjning, gallring samt drivning till skogsbilväg och avser barrskog i Skandinavien. Medräknat är även byggande av skogsbilväg samt den landyta som tas i anspråk vid byggande av vägnätet. Klimatpåverkan genom IPCC 2007 GWP<sub>100</sub> är för enhetsprocessen 20,3 kg/CO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>fub (fast under bark) för virke avsett för sågning. (Ecoinvent, 2010). Inbindningseffekt av kol i biomassa är ej medräknat vilket är exkluderat i GWP<sub>100</sub> indexet (IPCC, 2007).

#### **3.3.2 Såg**

Klimatpåverkan av transport från skog och processande av sågtimmer till färdig sågad trävara erhålls genom att klimatpåverkan av sågverksflis och sågspån subtraheras, 70,6 kg/ CO<sub>2</sub>eq - 2,6 kg/CO<sub>2</sub>eq - 2,4 kg/CO<sub>2</sub>eq = 65,0 kg/CO<sub>2</sub>eq per m<sup>3</sup> sågad barrträvara (Ecoinvent, 2010). Enhetsprocessen avser ett skandinaviskt barrsågverk likt anläggningen vid Setra Färila Sågverk AB där CMP-panelen i denna modell tillverkas.

#### **3.3.3 Färgtillverkning**

Samtliga färgsystem som används för målning av CMP-panelen tillverkas och distribueras från Akzo Nobel's Sege-anläggning i Burlöv. Färgsystemen är vattenbaserade och förutom vatten innehåller de akrylater, alkyder, pigment, bindemedel och additiv. Tillverkningen genomförs i satser där komponenterna finfördelas och blandas i slutna tankar. Efter omrörning och kontroll av den enskilda satsen emballeras färgen i 1000 till tio liters förpackningar av plast. Ett scenario för vattenbaserade akrylatfärgsystem vilka har ett klimatpåverkande utsläpp om 3,9 kg CO<sub>2</sub>eq/kg vattenbaserad färg över hela livscykeln används för samtliga beräkningar i systemet (Olsson-Karlberg, 2016).

#### **3.3.4 Förädling/Målning**

Produktionen av CMP-panelen sker industriellt vid Setras anläggning i Skutskär. Energiförbrukningen beräknas vara 29 kWh/m<sup>3</sup> sågad trävara fördelat på 64 % elenergi och 36 % fjärrvärme (Reyes, 2016).

Förädling sker i tre separata steg där plankor först klyvs i en bandsåg till två brädor. Här kan tjocklek och bredd varieras genom vilken storlek plankan har och vilka kundönskemål som finns. I modellen används i utgångsläget en plank som är 47\*175 mm, vilken klyvs till två 22\*175 mm CMP-panelbrädor. En m<sup>2</sup> CMP-panel motsvarar därför 0,022 m<sup>3</sup> sågad trävara med ett volymspill i form av sågspån om 6 % av plankans ursprungsvolym (Reyes, 2016).

Därefter mellanlagras CMP-panelbrädorna för att i nästa steg hyvlas och/eller rillas för önskat utseende. I hyvlingsprocessen kan volymen reduceras genom olika typer av profilering, detta görs dock ej i denna beräkningsmodells grundscenario.

I det tredje och sista steget bestryks CMP-panelbrädan två gånger i sprutbox, först med ett grundfärgskikt om  $175 \text{ g/m}^2$  ( $60 \text{ }\mu\text{m}$ ). Panelbrädan torkas i ugn som värms till  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  med fjärrvärme i åtta minuter. När grundfärgen är helt torr appliceras en mellanstrykning om  $156 \text{ g/m}^2$  ( $60 \text{ }\mu\text{m}$ ) och torkproceduren upprepas ytterligare en gång. Mellanstrykningen kräver en mindre mängd färg för att nå en tjocklek om  $60 \text{ }\mu\text{m}$  tack vare att grundfärgsbestrykningen har mättat den råa träytan. Både grund- och mellanstrykning består av samma typ av färg och klimatpåverkan beräknas på  $\text{kg/m}^2$ . Slutligen emballeras panelbrädorna och är därigenom redo för transport till kund (Reyes, 2016).

### **3.3.5 Byggnation**

Byggnationen antas ske i Stockholm och transporterna av CMP-panelen beräknas från Skutskär, en distans på 200 km. Montering sker manuellt med spikpistol och panelen bestryks för hand med färdigfärg om  $170 \text{ g/m}^2$  ( $80 \text{ }\mu\text{m}$ ) inom 12 månader vilken har en klimatpåverkan likt tidigare om  $3,9 \text{ kg CO}_2\text{eq/kg färg}$  (Svenskt Trä, 2015a, Olsson-Karlberg, 2016).

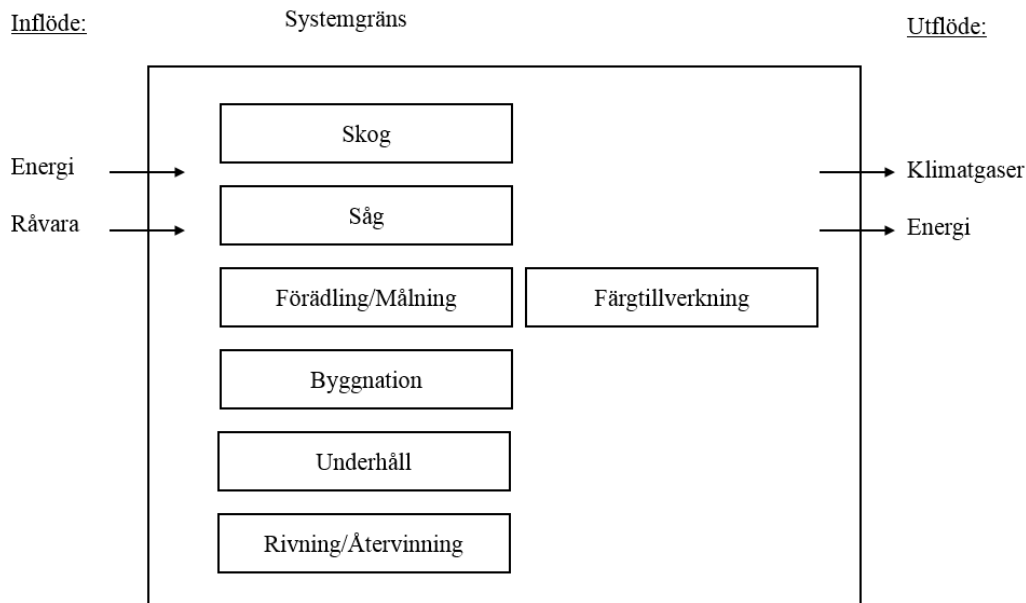
### **3.3.6 Underhåll**

CMP-panelen bestryks i grundscenariot tre gånger manuellt å  $170 \text{ g/m}^2$  ( $80 \text{ }\mu\text{m}$ ) över 50 årsperioden utöver första färdigfärgen (Lundberg, 2016). Klimatpåverkan av färgen beräknas enligt tidigare till  $3,9 \text{ kg CO}_2\text{eq/kg färg}$ .

### **3.3.7 Rivning/Återvinning**

Rivning sker maskinellt efter 50 år då samtliga panelbrädor ersätts. Energiåtgång antas motsvara en dieselförbrukning om  $1 \text{ kWh/m}^2$  i brist på annan data och ett transportavstånd antas om 100 km och liknande antaganden görs för Serporoc. Vid återvinningsläggning flisas brädorna och förbränns i värmeverk och energi erhålls vilket krediteras mot likvärdig mängd elenergi (Tillman, 2004). Verkningsgraden antas vara 30 % (Svenskfjärrvärme, 2016) av den totala energin som frigörs vid förbränning av panelbrädan. Eventuellt restavfall från färg återvinns alternativt deponeras enligt standarder för värmeverk. Klimatpåverkan av denna hantering är inräknade i de tidigare beräkningarna av färg (Olsson-Karlberg, 2016).





Figur 3. Schematisk modell för beräkningsgrundande system av CMP (Egen bearbetning).

### 3.4 Enhetsprocesser Serporoc

Nedan följer en beskrivning av systemet som utgör grunden för beräkningar av Serporoc putsfasad, se även Figur 4.

#### 3.4.1 Cementbrytning Förädling

Enhetsprocessen avser cementbrytning ur kalkbrott maskinellt. Beräkningsgrundande sekundärdata är hämtad från Ecoinvent och har en klimatpåverkan om 0,76 kg CO<sub>2</sub>eq/kg cement (Ecoinvent, 2010). Brytningen avser generell cementbrytning i Europa och Cementa AB's beräkningar visar att cement har ett klimatpåverkande utsläpp om 0,71 kgCO<sub>2</sub>/kg cement (Cementa AB, 2014b).

Förädling sker genom att cementen blandas upp med natursand och putsbruk erhålls. Den färdiga torra produkten består av en andel om 85 % natursand (ballast) och 15 % cement (Mälardalens Mur och Puts, 2015). Klimatpåverkan av anrikning av sand och blandning antas vara en dieselförbrukning motsvande 0,5 kWh/kg cement. Torrdensiteten av det färdigförädlade putsbruket uppgår till 1,6 kg/dm<sup>3</sup> (Weber, 2016).

#### 3.4.2 Färgtillverkning

Som tidigare används Akzo Nobels generella klimatdata avseende ett scenario för vattenbaserad färg vilken har en klimatpåverkan om 3,9 kg eqCO<sub>2</sub>/kg över hela livscykeln. (Olsson-Karlberg, 2016).

#### 3.4.3 Byggnation

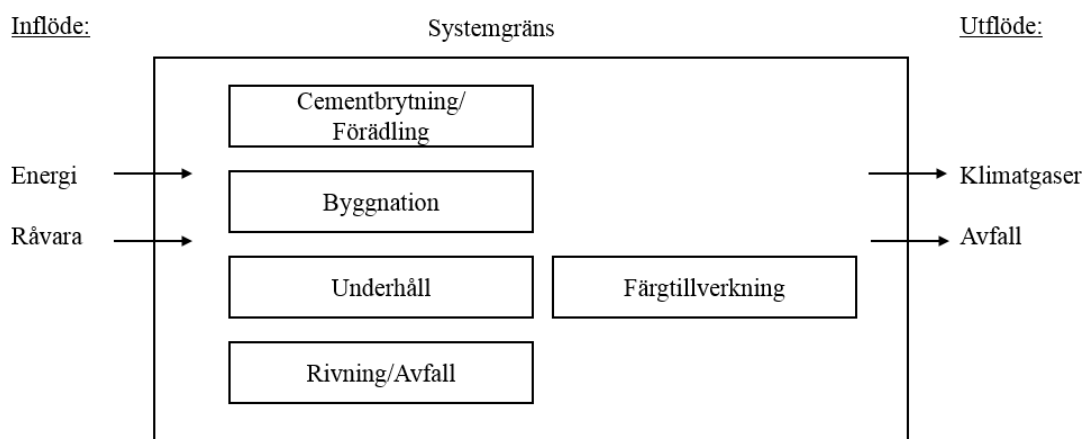
Den torra cementen blandas med vatten innan den sprutputsas maskinellt på mineralullen och armeringsmattan. Serporoc fasadsystem appliceras enligt instruktion i fyra omgångar med två skikt om 10 mm samt två 5 mm tjocka skikt vilket ger en total tjocklek om 30 mm putsbruk. Den putsade fasaden grundmålas en gång och bstryks då manuellt med 175 g/m<sup>2</sup>. Därefter målas två lager för hand med färdigfärg à 170 g/m<sup>2</sup> (Akzo Nobel, 2015).

### 3.4.4 Underhåll

Efter 25 år genomförs en underhållsinsats av fasaden med ny puts om 5 % av den totala ytan. Underhållet avser mindre kompletterande lagningar av sprickor eller motsvarande brister. Beräkningsmässigt antas mängden utgöra 5 % av den putsmängd som krävs för att uppföra en m<sup>2</sup> fasad med en tjocklek om 30 mm. Fasaden bestryks även med ett lager vattenbaserad färg å 170 g/m<sup>2</sup>.

### 3.4.5 Rivning/Avfall

Efter 50 år avlägsnas putsen maskinellt och forslas bort för att användas som fyllnadsmaterial och ingen energi erhålls. En diselförbrukning om 1 kWh/m<sup>2</sup> och ett transportavstånd 100 km antas, likt CMP.



Figur 4. Schematisk modell för beräkningsgrundande system av Serporoc (Egen bearbetning).

## 3.5 Känslighetsanalys

Modellerna ovan är kraftiga generaliseringar av verkligheten och bygger på sekundärdata, antaganden samt bedömningar. Med stora och svårbedömda osäkerhetsfaktorer kan det vara motiverat att åskådliggöra hur olika indata påverkar resultaten genom att de varieras. En känslighetsanalys ökar därför troligen användbarheten, reliabiliteten och validiteten av studien (SIS, 2006b) och syftar till att visa de faktorer som kan ha substantiell inverkan på resultatet om de varieras. Målet är att ge en mer nyanserad bild av utgångsscenarioet vilket kan ge uppslag och väcka intresse för vidare forskning.

Färgens påverkan visas genom att variera antalet underhållsinsatser utifrån tillverkarnas rekommendationer. Genom att variera färgmängden tydliggörs dels underhållsintervallens betydelse samt de använda sekundärdata som sådan. En respektive två ytterligare målningar för både CMP-panelen och Serporoc beräknas med en färgmängd å 170 g/m<sup>2</sup>. Motivet är även en förväntad variation kring underhåll mellan exempelvis typ av fastighet och geografi. Utöver detta kan estetiska aspekter som att fastighetsägare vill byta kulör vara motiv till att öka antalet bestrykningar i modellen. Då det inte föreligger någon skillnad i klimatpåverkan av färgtyp (3,9 kg eqCO<sub>2</sub>/kg) i jämförelsen, utan i mängd och antal underhållsinsatser är motiven svaga till att variera sekundärdata som sådan.

Att variera åtgången av material av sågade trävaror respektive putsbruk per m<sup>2</sup> fasad kan åskådliggöra vad materialen kan ha för påverkan. Skälet till variationen grundar sig delvis i att CMP-panelen kan vid hyvling produceras i olika utföranden som påverkar volymen sågad trävara per m<sup>2</sup>, se enhetsprocess *Förädling/Målning*. Exempel där putsfasader har antagits

vara tunnare kan finnas i ett examensarbete av Dang & Baban 2008 (Dang, 2008) vilka beräknar klimatpåverkan på en putsfasad om 20 mm. Utifrån detta minskas volymen för de två alternativen med 20 % vardera för att åskådliggöra materialens inverkan på den totala klimatpåverkan. Samtidigt är det viktigt att utgå från producenternas tekniska data för att bibehålla funktionen av de två fasadmaterialet. Att öka volymerna kan dock inte motiveras i sammanhanget då detta troligen inte skulle ha gynnsamma effekter på varken klimat, funktion eller ekonomi.

## 4 Resultat

Resultat för klimatpåverkan från livscykelanalyserna presenterat i tabellform för respektive fasadtyp. Överst presenteras grundscenarion med total beräknad mängd klimatpåverkande utsläpp samt med efterföljande tre olika scenarion av modellen omvandlade till enheten  $fU$  ( $Kg$  koldioxidekvivalenter per  $m^2$  målad fasad i 50 år), se Tabell 2. Därefter presenteras enhetsprocessernas numeriska utfall för respektive fasadalternativ, omvandlade till  $kg$   $CO_2eq/m^2$  i Figurer. Figurerna syftar till att åskådliggöra de olika enhetsprocessernas enskilda påverkan av resultatet. Även färgsystemet som enskild komponents del av den totala klimatpåverkan för fasaderna över livscykeln presenteras.

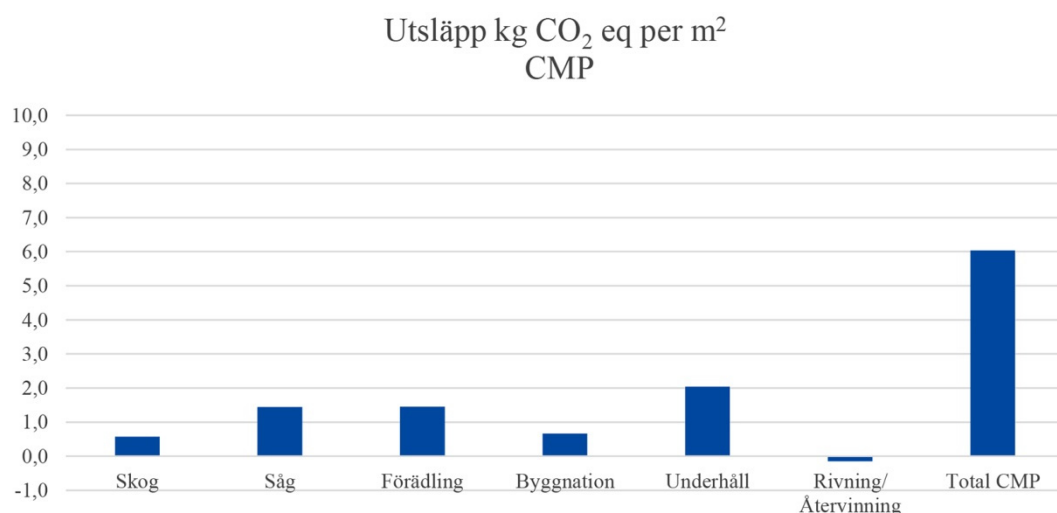
I tabellen nedan (Tabell 2) åskådliggörs klimatpåverkande utsläpp för de två fasadmaterialen i grundscenariot beräknat enligt de förutsättningar som ges under rubrikerna *Enhetsprocesser CMP* och *Enhetsprocesser Serporoc*. Certifierad Målad Panel har ett klimatpåverkande utsläpp om 6,1  $kg$   $CO_2eq/m^2$  över hela livscykeln. Serporoc har ett större utsläpp om 8,8  $kg$   $CO_2eq/m^2$  över hela livscykeln.

Vidare visar Tabell 2 två olika scenarion där underhållsinsatser och ett scenario där materialåtgången (sågad trävara och putsbruk) har varierats från respektive grundscenario. Resultaten visar att antalet färgbetrykningar över underhållsperioden för CMP-panelen har en större inverkan än en materialåtgångsreduktion med 20 %. Ökas underhållsintervallet med en respektive två extra betrykningar fås en 10 % respektive 21 % ökning av de totala klimatpåverkande utsläppen. Detta tydliggör färgens betydelse för klimatpåverkan. En materialminskning om 20 % av träåvara ger en 5 % minskning av den totala klimatpåverkan.

För Serporoc har även färgen betydelse för klimatpåverkan med 9 % respektive 16 % ökning vid en eller två ytterligare underhållsinsatser. Mängden material i den putsade fasaden har förhållandevis större påverkan, reduceras tjockleken till 24 mm erhålls en reduktion om 11 % av de totala klimatpåverkande utsläppen. Detta visar att mängden putsbruk har större effekt på klimatpåverkan för Serporoc än för CMP.

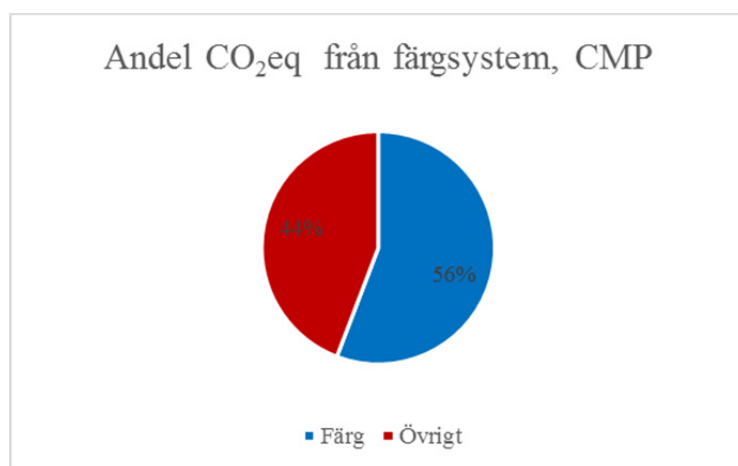
Tabell 2.  $Kg$   $CO_2eq/m^2$  ( $kg$  koldioxidekvivalenter per  $m^2$  målad fasad i 50 år), samt procentuell förändring vid variation av grundscenarion

	CMP, $kg$ $CO_2eq/m^2$	Procentuell förändring	Serporoc, $kg$ $CO_2eq/m^2$	Procentuell förändring
<b>Grundscenarion</b>	6,1		8,8	
<b>1 extra betrykning</b>	6,7	10 %	9,6	9 %
<b>2 extra betrykningar</b>	7,4	21 %	10,2	16 %
<b>20 % reduktion av fasadmaterial</b>	5,8	-5 %	7,8	-11 %



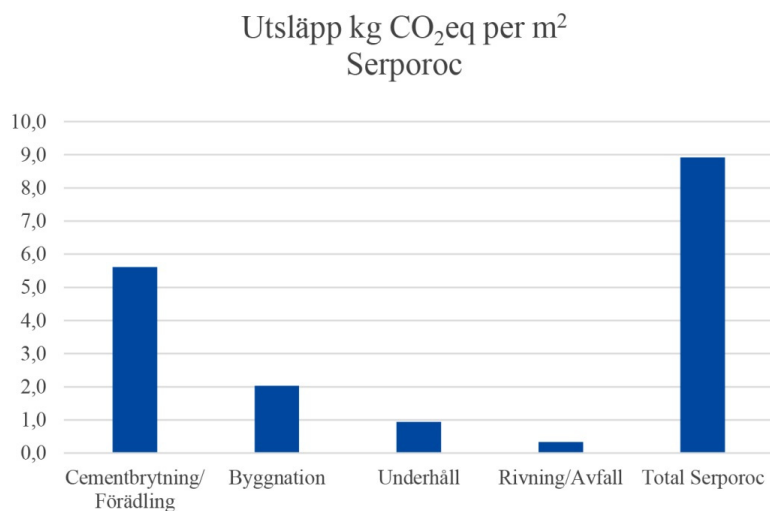
Figur 5. Klimatpåverkan per enhetsprocess för CMP samt total mängd (kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>).

Figur 5 visar flertalet resultat för grundscenariot av CMP. Uppdelat på enhetsprocesser är *Underhåll* den enskilt största enhetsprocessen med ett utsläpp om 2,0 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> vilket motsvarar 33 % av den totala mängden. Enhetsprocesserna *Förädling* och *Såg* står tillsammans för närmare hälften av klimatpåverkan med 1,5 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> (25 %) respektive 1,4 kg (23 %) CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>. Den negativa skalan och det negativa värdet för *Rivning/Återvinning* visar att förbränningen av CMP vid livscykelns slut ger en positiv nettoeffekt genom allokering av energi, se principer för *Allokering*.



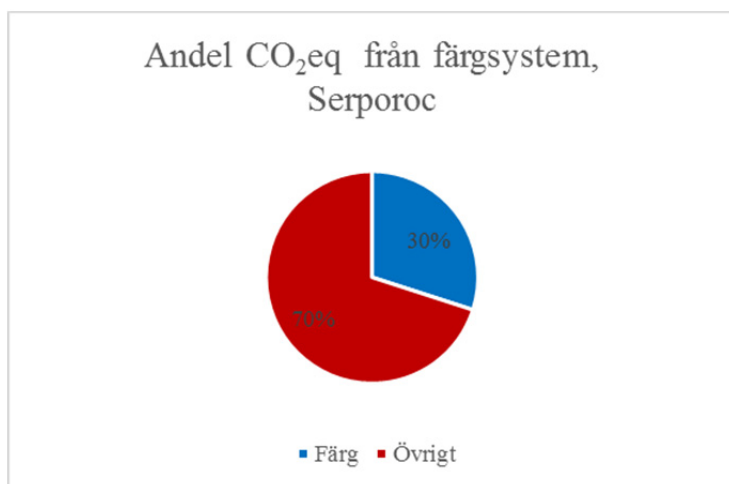
Figur 6. Andel klimatpåverkande utsläpp (kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>) härrörande från färgsystem av total mängd utsläpp i grundscenariot, CMP.

I Figur 6 åskådliggörs att färgsystemet för CMP med två industriella och fyra manuella bestrykningar står för mer än hälften (56 %) av de klimatpåverkande utsläppen.



Figur 7. Klimatpåverkan per enhetsprocess för Serporoc samt total mängd (kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>).

Figur 7 visar att det totala utsläppet under livscykeln i grundscenariot för Serporoc är 8,8 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>. Uppdelat på enhetsprocesser är *Cementbrytning/Förädling* den i särklass enskilt största utsläppskällan om 5,6 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> vilket motsvarar 64 %. Enhetsprocesserna *Byggnation* står för 23 % av utsläppen vilket motsvarar 2,0 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>.



Figur 8. Andel klimatpåverkande utsläpp härrörande från färgsystem av total mängd utsläpp i grundscenario Serporoc.

Cirkeldiagrammet (Figur 8) åskådliggör klimatpåverkan från färgsystem för Serporoc, vilket står för 30 % av det totala klimatutsläppet om 8,8 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>.

## 5 Diskussion och Analys

Analysen utgår från syftet med studien, att för Svenskt Trä, Setra Group och Akzo Nobels räkning åskådliggöra hur CMP står sig i förhållande till ett annat likvärdigt utvändigt panelmaterial (Serporoc) ur ett klimatperspektiv.

Resultaten åskådliggör ett flertal intressanta aspekter som nedan skall analyseras och diskuteras med utgångspunkt i *fas 4* enligt ISO Standard 14044. Viktigt är att notera att resultaten endast gäller under ovan nämnda förutsättningar och inga allmängiltiga slutsatser eller ställningstagande bör göras. Enstaka siffror eller tal skall tolkas med försiktighet och som tidigare nämnts bör inte en LCA reduceras till ett enskilt slutresultat eller tal (SIS, 2006a). Att enbart beakta en miljöpåverkanskategori kan vara missvisande då miljöbelastningen av en produkt skall kartläggas. Miljöproblem är oftast sammanlänkade och därför är LCA-analyser som tar hänsyn till flertalet miljöpåverkanskategorier eftersträfvansvärda (IPCC, 2013). Därför ombeds läsaren sätta de klimatomfattiga utsläppen i relation till andra utsläpp och miljöfenomen för att sätta studiens resultat i en för läsaren lämplig kontext.

### 5.1 Resultat

Livscykelanalyserna påvisar betydelsen av färgsystemen ur ett klimatomfattigt perspektiv. Resultatet är inte unikt. Häkkinen m.fl. 1999 har tidigare visat och tydliggjort både färgkomponenternas betydelse som sådan, så väl som mängden färg som används (Häkkinen, 1999). Dessutom har projektet "LCA av färg" åskådliggjort att färgens miljöpåverkan härrör till största del från produktionsfasen, vilket gör att mängden färg vid bestrykning har stor betydelse (Axelsson, 1999). Som nämnts har tidigare forskning inte visat om de miljømässiga fördelarna kan bibehållas på en fasad av trä med förväntat större underhållsbehov över livscykeln i jämförelse med en putsad fasad med mindre underhållsbehov. Det denna studie visar är att en träpanel kan ha en mindre negativ klimatompåverkan trots ett större underhållsbehov.

Vidare kan mängd färg också kopplas samman med antal underhållsinsatser genom andra aspekter för CMP och Serporoc, vilket kan ha betydelse ur flera perspektiv. Å ena sidan främjar täta underhållsintervall livslängden för en fasad (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2013), vilket i sig är bra eftersom fasaden troligen håller längre och det torde vara bra ur ett mer övergripande resurs- och klimatomperspektiv. Å andra sidan bör underhållsinsatserna minimeras då både kostnaderna minskar och klimatompåverkan från färgsystemen hålls nere.

Detta blir extra tydligt för CMP då mer än hälften av klimatompåverkan härrör från färgsystemet, vilket kanske är studiens mest intressanta och viktigaste resultat för fortsatt forskning och produktutveckling. Om framtida bestrykningstekniker, ytegenskaper och färgsystem blir mer resurseffektiva med bibehållen prestanda kan det få direkt positiv inverkan för Certifierad Målad Panel's totala klimatompåverkan. En sådan utveckling bör även påverka andra viktiga faktorer som ekonomi och resurseffektivitet positivt.

Det går även att sätta resultatet i en kontext utifrån befintliga produkter på marknaden. En industriellt ytbehandlad panelbräda som bestrykts under optimala förhållanden har bättre förutsättningar för en lång livslängd än en panelbräda som bestryks första gången vid byggnation (Svenskt Trä, 2015c). Det kan även vara troligt att de föreligger mindre risk för spill av färg vid industriell bestrykning i sprutbox jämfört med manuell bestrykning vid bygget. Högre krav på den omålade panelbrädans råa yta medför sannolikt att en mindre

mängd färg behövs för att ge ett fullgott skydd i förhållande till en konventionell bräda. Anledningen är främst att brädans yta är optimerad för ett specifikt färgsystem och därigenom fås en anpassning mellan färgsystem och panelbräda. Därmed kan CMP vara mer resurseffektiv i jämförelse med en panelbräda som bestryks manuellt utomhus med mindre kontroll kring optimal färgmängd och ytegenskaper, vilket i sig kan vara ett argument för att välja en CMP-panel framför en konventionell panelbräda ur ett klimatperspektiv (Svenskt Trä, 2015a).

Resultaten kan även tolkas som att färgsystemen bör utvecklas för att ha en mindre klimatpåverkan i framtiden. Här finns det uppenbara klimatomränskiga vinster inom ramen för CMP-systemet som har ett relativt sätt stort underhållsbehov. Kan underhållsintervallen förlängas utan att skapa färgsystem med ökad negativ klimatpåverkan finns det tydliga klimatomränskiga fördelar att hämta.

Då parametrar som färgtjocklek bör beaktas i ett produktutvecklingsarbete kan exempelvis rekommendationen av bestrykningsmängd vid målning av CMP minskas. Certifieringsreglerna utgår från en funktionsbaserad bestrykningsmängd för varje färgsystem (Svenskt Trä, 2015a) Hypotetiskt kan rekommendationer om en tjocklek på färdigfärg på exempelvis 80 µm minskas till 60 µm vilket skulle kunna få substantiella effekter på klimatpåverkan över hela livslängden.

Andra viktiga resultat är att volymen sågad trävara har relativt liten effekt på klimatpåverkan. Att minska virkesvolymen med 20 % får en i sammanhanget marginell reduktion om -5 % av den totala klimatpåverkan. Ur ett klimatperspektiv finns det således relativt små miljövinster med att reducera tjockleken av CMP-panel. En profilering kan däremot ha en negativ effekt i klimathänseende då den bestrykningsbara ytan blir större vilket kräver mer färg per m<sup>2</sup>.

För Serporoc är det tjockleken putsbruk som har störst påverkan på klimatutsläppen. Mer än hälften, 64 % (5,6 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>) härrör från *Cementbrytning Förädling* (Figur 7). Mängden skall jämföras med Dang & Baban (2008) som har visat att en omålad putsfasad om 20 mm har ett klimatpåverkandeutsläpp om 4,1 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>. Vid omvandling till en 30 mm putsfasad likt Serporoc fås ett omräknat värde på 6,2 CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>, exklusive färgsystem. Jämförelsen visar två saker, dels att det beräknade klimatpåverkan av Serporoc i studien kan vara rimlig genom att det omräknade värdet (6,2 CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>) ligger relativt nära de beräknade (5,6 CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>). Likaså att volymen cementbruk som används i en putsfasad har stor betydelse för klimatpåverkan.

Variationen av tjockleken i känslighetsanalysen (se Tabell 2) gav en 11 % reduktion av den totala klimatpåverkan för Serporoc. Värt att notera är att om detta görs, frångås tillverkarnas rekommendationer. Detta torde innebära en sämre funktion där eventuellt kortare livslängd, alternativt tätare underhållsintervall kan förväntas.

Vidare har färgsystemet i fallet Serporoc en andelsmässigt mindre påverkan för den totala utsläppsmängden (30 %), vilket beror dels på mindre mängd färg vid varje bestrykningstillfälle och dels ett längre underhållsintervall. Dessa omständigheter kan tala för att välja en putsad fasad ur ett klimatperspektiv om den förväntade livslängden är mer än 50 år. Livslängden av fasadtyperna är en faktor som sannolikt varierar kraftigt mellan byggnadstyp och geografi. Därför skulle en putsad fasad kunna ha en mindre total klimatpåverkan om livslängden antogs vara längre än 50 år. Livslängden är inte tagen ur



luften och den torde vara sannolik för de två fasadmaterialet under normala omständigheter men i undantagsfall kan omständigheterna vara annorlunda (SIS, 2008).

Avslutningsvis skiljer sig inte fasadtypernas resultat avsevärt när det kommer till klimatpåverkande utsläpp. Detta är mycket viktigt att ha i åtanke och det går inte att unisont påstå att CMP generellt skulle vara bättre än Serporoc. Sannolikt finns det även andra klimatpåverkande utsläpp i en bredare kontext av byggnation som har större inverkan än panelmaterialval. Att exempelvis nyttja betong i en konstruktion där limträ skulle kunna var ett fullgott alternativ med dokumenterade klimatfördelar (Wiklund, 2015) och i ett senare byggskede argumentera för en träfasad i klimathänseende känns främmande.

## **5.2 Metoden, datamaterialet och felkällor**

Metoden att kvantifiera miljöproblem genom LCA och ISO Standard 14044 har brister eftersom den förenklar komplexa samband. Genom att sträva efter transparens i urvalsprocesser och beslut i studien finns det motiv till att se denna studie som legitim ur ett vetenskapligt perspektiv. Reproducerbarheten kan ifrågasättas då den iterativa processen inte är fullständigt kartlagd. Den valda och beskrivna metoden utgår endast från ISO Standard 14044 och detta examensarbete är inte på något sätt överensstämmande med standardens alla krav. Orsaken är främst tidsbrist vilket gjort att metodens struktur har efterföljts men krav, detaljer och andra viktiga aspekter för standarden har frångåtts så som oberoende granskning av tredje part.

Om livscykelanalysen ska spegla verkligheten och belysa de miljöproblem som finns är det viktigt de individer som genomföra analysen har en bred kompetens. Det är angeläget kring avgränsningar, urval och i förlängningen en vidare förståelse kring sammanhang och kontext av en LCA. Studiens omfattning och snäva tidsram kan ha medfört att komplexa skeenden och processer förbisett. Kunskapen om de miljöproblem som kvantifieras idag kommer sannolikt att ha ändrats i framtiden och därför skall resultaten ses som ett komplement vid bedömning av fasaders klimatpåverkan (Ayres, 1995).

Användbarheten av en denna livscykelanalys kan ifrågasättas utifrån djup och omfattning. Har en tillräcklig genomlysning och grundligt forskningsarbete genomförts för att kartlägga alla aspekter av de två produkterna i jämförelsen? Om så inte är fallet har det sannolikt minskat validiteten och reliabiliteten av livscykelanalysen (Brower, 1999). Brohammer är även inne på samma linje och problematiserar de osäkerheter kring användbarhet som kommer med bristande djup av en LCA-analys. Omfattande resurser krävs för att få tillförlitliga resultat vilka kan omsättas till utgångspunkter för ny forskning (Brohammer, 1998). Just brist på djup och omfattning samt erfarenhet av livscykelanalyser är en gränssättande faktorer för studiens användbarhet och resultat.

Den sekundärdata som använts från Ecoinvent *Version 2.2* utgår från klimatomfattiga definitioner som baseras på IPCC klimatrappport från år 2007. Denna datakälla är av central betydelse för studien. Val av databas och det urvalet som gjorts har stor påverkan på resultatet och hade annan data nyttjats är det inte uteslutet att ett annorlunda resultat hade erhållits. Alternativa datakällor skulle kunna vara tillämpbara och en större mängd primärdata genom exempelvis egna mätningar hade sannolikt höjt validiteten och reliabiliteten för studien. I livscykelinventeringsanalysen var en stor mängd data nödvändigt för att bedöma och beräkna flertalet processer kring CMP och Serporoc. Genom att studien behöver tillgång till en förhållandevis stor mängd data på kort tid var sekundärdatainhämtning från Ecoinvent

motiverad. Datakvaliteten i sekundärdata är som tidigare poängterats lägre än för primärdata (Halvorsen, 1992), vilket är en brist.

Genom att Ecoinvents data nyttjats, vilken är sammanställd och aggregerad i flertalet produktrelaterade processer i studien blir datakvaliteten problematiskt för livscykelanalysen (Ecoinvent, 2010). Sammanblandningen av data är en av anledningarna till att livscykelanalysmetoden ofta kritiserar. Användning av förhållandevis gammal sekundärdata har i sammanhanget även en påverkan då den är utgångspunkten för att beräkna osäkra framtida miljökonsekvenser.

Datamaterialet som sådant bör även betraktas som osäkert och innehåller sannolikt brister fast det kommer från en vedertagen LCA-databas. Den beräkningsgrundande sekundärdaten från Ecoinvent består av medelvärden som inte behöver vara överensstämmande med processer inom CMP och Serporoc systemen. Detta är en allmängiltig brist i livscykelmetodens användning och en konsekvens av behovet av data från olika områden och processer (Knaggård, 2009).

Vidare har datamaterial blandats från olika datakällor, vilka är insamlat genom operationellt skilda definitioner som även påverkar användbarheten (Halvorsen, 1992). Exempelvis är inte alla sekundärdata beräknad genom GWP<sub>100</sub> index vilket påverkar kvaliteten. Felkällor som dubbelräkning, uteslutande av i klimathänseende viktiga processer kan påverka resultatet kring jämförelsen. Allokering har heller inte tillämpats konsekvent då sekundärdata har nyttjats och blandats utan hänsynstagande till variation kring dessa principer. Exempelvis skapar allokeringen negativa utsläpp för *Rivning Återvinning* i fallet CMP, vilket kan påverka jämförelsen på marginalen. Att allokera på ett sådant sätt kan och bör kritiserar genom att det i praktiken inte behöver vara sannolikt att en likvärdig mängd elenergi skulle sparas vid förbränning av biomassa.

Känslighetsanalysen varierar enbart materialåtgång för färg och panelmaterialen. Variationen ska ses som en känslighetsanalys av både sekundärdatamaterialet och de rekommendationer kring underhållsinsatser och materialåtgång som förutsatts. Utifrån den iterativa arbetsgången och syftet utelämnades övriga faktorer då de hade mindre betydelse vid datamanipulation. I en grovt teoretiserad, osäker och förenklad modell som denna är faktorer med substantiell inverkan mer intressanta att variera.

En annan utesluten faktor som kan ha stor betydelse är de två fasadtypernas fästsystem vilket kan vara avgörande. En fasad måste per definition fästas och ett uteslutande av dessa system kan vara kritiskt för användbarheten av studien. Andra faktorer som bidrar till osäkerheter är förekomst av missförstånd, dubbelräkning och felräkningar i studiens modeller.

### 5.3 Slutsatser och rekommendationer

Nedan presenteras de viktigaste slutsatserna och rekommendationerna med utgångspunkt från Svensk Träs perspektiv.

- Livscykelanalysen visar att Certifierad Målad Panel har mindre klimatpåverkande utsläpp jämfört med en putsfasad i systemet Serporoc, trots ett större underhållsbehov.
- Vattenbaserade färgsystem har stor inverkan på klimatpåverkande utsläpp, mer än hälften för CMP. Detta medför att mängden färg samt underhållsintervall av en CMP-panel har stor betydelse i klimathänseende.

- Livscykelanalysen visar även att en minskad mängd träråvara får små effekter på det totala klimatutsläppet.
- Vidare utvecklingsarbete i ett klimatperspektiv bör inriktas på färgsystemen som sådan samt dess användning och mängd, eller alternativt andra behandlingsmetoder.

## 5.4 Vidare forskning

Ytterligare forskning inom området bör inriktas på andra tillämpliga ytbehandlingsmetoder av träfasader för att få ner antalet underhållsinsatser och den totala mängden färgsystem. Även jämförelser med andra fasadtyper i trä som tryckimpregnerat och obehandlade träpaneler med bättre naturlig impregnering bör göras. Genom att exempelvis ändra råvaran från centrumutbyten av gran till tall med hög kärnandel skulle livslängden potentiellt kunna förlängas för en CMP-panelbräda. Om detta görs behövs troligen nya riktlinjer om ytstruktur, bestyckningsmängd och färgsystem inom ramen för CMP-märkningen utvärderas och testas. Ett sådant forskningssamarbete kan sannolikt bredda bilden av hur klimatpåverkan kan minimeras genom kunskapsutbyte och informationsöverförande mellan den trämekaniska industrin, bygg- och trävaruhandeln samt byggindustrin.

Förslagsvis bör även forskningen kring fasader bli mer omfattande och utgå från fler miljöpåverkanskategorier vid kvantifiering av miljöproblem. Skogsindustriell produktion har sannolikt negativa konsekvenser på miljöproblem som biodiversitet och övergödning vilket bör beaktas.

Det vore även lämpligt att höja blicken och studera alla komponenter vid byggnation då panelbräddor utgör en förvisso viktig men i sammanhanget relativt liten del av en byggnad. Genom att få en helhetssyn kan effektivare insatser göras för att bidra till en mindre klimatpåverkan i träbyggnadssammanhang överlag.

# Referenser

- Akzo Nobel. (01 2015). [www.sadolin.se](http://www.sadolin.se). Hämtat från <http://www.sadolin.se/produkter/utomhus/putsfasad-utomhus/fasadgrund/>. den 15 02 2016
- Axelsson, U. (1999). *"Livscykelanalys av färg"*. Stockholm: IVL.
- Ayres, R. U. (1995). *Life cycle analysis: A critique*. Fontainebleau Cedex, France: Elsevier.
- Baumann, H. T.-M. (2004). *The Hitch Hiker's Guide to LCA: An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Bio-Based Industries. (2014). [www.bbi-europe.eu](http://bbi-europe.eu). Hämtat från <http://bbi-europe.eu/about/mission>. den 04 02 2016
- Boverket. (2015). *Läget på bostadsmarknaden och bostadsbyggandet*. Stockholm: Boverket.
- Brohammer, G. (1998). *Produktekologi, Handbok om livscykelanalys (LCA)*. Stockholm: Industrilitteratur AB.
- Brorson, T. &. (2005). *ISO 14001 För små och medelstora företag*. Stockholm: SIS förlag AB.
- Brower. (1999). *The Consumer's Guide to Effective Environmental Choices*. New York: Three Rivers Press.
- Cementa. (den 12 06 2014). *Byggsektorn enig om LCA*. Hämtat från [www.cementa.se](http://www.cementa.se). den 08 02 2016
- Cementa AB. (2014b). *Utsikt, Slitefabrikens informationsblad till närboende*. Hämtat från [www.cementa.se](http://www.cementa.se).
- Dang, K. B. (2008). *En LCC och LCA analys av olika fasadmaterial: en studie med fördjupning mot Puts, Steni Color och tegel*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Denscombe, M. (2005). *The Good Research Guide: for small-scale social research projects, 4th edition*. Berkshire: McGraw-Hill education.
- Ecoinvent. (2010). Data V2.2 (2010), IPCC 2007/climate change: 3.
- Halvorsen, K. (1992). *Samhällsvetenskaplig metod, teori, forskning, praktik*. Lund: Studentlitteratur.
- Häkkinen, T. A. (1999). *Environmental Impact of Coated Exterior Wooden Cladding*. Helsingfors.
- IPCC. (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)*. IPCC.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013, The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Hämtat från [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_Chapter01\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter01_FINAL.pdf). den 03 02 2016
- IPCC. (2014). *IPCC 2014, work group III, Mitigation of climate change, Annex II, Metrics and methodology*. Pg. 37-40,41. IPCC.
- ISO. (2006). [www.iso.org](http://www.iso.org). Hämtat från [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=37456](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=37456). den 04 02 2016
- Klöpffer, W. G. (2014). *Life Cycle Assessment (LCA), A guide to Best Practice*. Germany, Mörlenbach: Strauss GmbH.
- Knaggård, Å. (2009). *Vetenskaplig osäkerhet i policyprocessen: en studie av svensk klimatpolitik*. Lund: Statsvetenskapliga institutionen, Lunds universitet.
- Kungliga Tekniska Högskolan. (den 22 03 2016). [www.kth.se](http://www.kth.se). Hämtat från <https://www.kth.se/itm/inst/energiteknik/forskning/ett/projekt/koldmedier-med-lag-gwp/low-gwp-news/nagot-om-hur-gwp-varden-bestams-1.474589>.
- Lilliesköld, M. (2014). *FN's klimatpanel: sammanfattning för beslutsfattare, Effekter Anpassning och Sårbarhet, Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utvärderingen (AR 5)*. Göteborg: Naurvårdsverket.
- Lundberg, C. (den 8 03 2016). Key Account Manager. (E. Arén, Intervjuare)
- Mälardalens Mur och Puts. (2015). [www.murputs.se](http://www.murputs.se). Hämtat från Murputs. den 16 02 2016
- Naturvårdsverket. (2014). *Trafikanalys: Lastbilars klimateffektivitet och utsläpp, rapport*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Olhager, J. (2000). *Produktionsekonomi*. Lund: Studentlitteratur.
- Olsson-Karlberg, M. (den 21 03 2016). Development Engineer, Ph. D. (E. Arén, Intervjuare)
- Reyes, M. (den 14 03 2016). Produktchef byggprodukter. (E. Arén, Intervjuare)
- Saint Gobain Byggprodukter AB. (2015). <http://www.weber.se/fasad-puts-och-murbruk/teknisk-information/p-markta-fasader/p-markta-fasader.html>. Hämtat från [www.weber.se](http://www.weber.se). den 15 02 2016
- SIS. (2006a). *SS-EN ISO 14040:2006, Miljöledning, livscykelanalys, principer och struktur (ISO 14040:2006)*. Stockholm: Swedish Standards Institute Förlag AB.
- SIS. (2006b). *SS-EN ISO 14044:2006, Miljöledning, livscykelanalys, krav och vägledning (ISO 14044:2006)*. Stockholm: Swedish Standards Institute Förlag AB.
- SIS. (2008). *Byggnader och byggnadsverk: Livslängdsplanering, Del 8: Referenslivslängd och uppskattning av livslängd (ISO 15686-8:2008, IDT)*. Stockholm: Swedish Standards Institute Förlag AB.
- Skogsindustrierna. (den 04 03 2015). [www.skogsindustrierna.org](http://www.skogsindustrierna.org). Hämtat från <http://www.skogsindustrierna.org/branschen/branschfakta/branschstatistik/branschstatistik/miljo/certifierade-miljoledningssystem>. den 02 02 2016
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. (2013). *Fasader i trä för flervåningsbyggnader, Jämförelse mellan material och behandlingsmetoder*. Stockholm: Science Partner.

- Svenskfjärrvärme. (den 01 04 2016). [www.svenskfjarrvarme.se](http://www.svenskfjarrvarme.se). Hämtat från <http://www.svenskfjarrvarme.se/Fjarrvarme/Vad-ar-kraftvarme/>.
- Svenskt Trä. (2015a). *Certifierad Målad Panel, Industriellt ytbehandlade kvalitetssäkrade utvändiga panelbrädor*. Sockholm: Föreningen Sveriges Skogsindustrier.
- Svenskt Trä. (2015b). *CMP, Certifierad Målad Panel, Certifieringsregler för industriellt ytbehandlade utvändiga panelbrädor, Version 9.3*. Stockholm: Skogsindustrierna.
- Svenskt Trä. (2015c). Nymålning av utvändigt trä. *Byggbeskrivningar*. Stockholm: Skogsindustrierna.
- Svenskt Trä. (den 16 05 2016). [www.svenskttra.se](http://www.svenskttra.se). Hämtat från <http://www.svenskttra.se/om-oss/>.
- Swerea. (den 03 02 2016). [www.swerea.se](http://www.swerea.se). Hämtat från <http://www.swerea.se/kompetensomraden/energi-miljo/miljogstiftning/miljoledningssystem>. den 03 02 2016
- Sverigesbyggindustrier. (den 09 05 2016). [www.sverigesbyggindustrier.se](http://www.sverigesbyggindustrier.se). Hämtat från [https://www.sverigesbyggindustrier.se/energi--miljo/klimat\\_\\_4853](https://www.sverigesbyggindustrier.se/energi--miljo/klimat__4853).
- Tietenberg, T. (2003). *Environmental and Natural Resource Economics*. Pearson Education, Inc.
- Tillman, H. B.-M. (2004). Hur man allokerar och beräknar förbränning. H. &.-M. Baumann, *LCA i ett nötskal*.
- Weber. (den 24 02 2016). <http://www.weber.se/filmarkiv/fasad-puts-murbruk.html>. Hämtat från [www.weber.se](http://www.weber.se).
- Wiklund, U. (den 29 01 2015). Konkreta miljöfördelar med att välja limträ. Åre, Jämtland, Sverige: Tyréns.

# **Publications from The Department of Forest Products, SLU, Uppsala**

## **Rapporter/Reports**

1. Ingemarson, F. 2007. De skogliga tjänstemännens syn på arbetet i Gudruns spår. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
2. Lönnstedt, L. 2007. *Financial analysis of the U.S. based forest industry*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
4. Stendahl, M. 2007. *Product development in the Swedish and Finnish wood industry*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
5. Nylund, J-E. & Ingemarson, F. 2007. *Forest tenure in Sweden – a historical perspective*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
6. Lönnstedt, L. 2008. *Forest industrial product companies – A comparison between Japan, Sweden and the U.S.* Department of Forest Products, SLU, Uppsala
7. Axelsson, R. 2008. Forest policy, continuous tree cover forest and uneven-aged forest management in Sweden's boreal forest. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
8. Johansson, K-E.V. & Nylund, J-E. 2008. NGO Policy Change in Relation to Donor Discourse. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
9. Uetimane Junior, E. 2008. Anatomical and Drying Features of Lesser Known Wood Species from Mozambique. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
10. Eriksson, L., Gullberg, T. & Woxblom, L. 2008. Skogsbruksmetoder för privatskogs-brukaren. *Forest treatment methods for the private forest owner*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
11. Eriksson, L. 2008. Åtgärdsbeslut i privatskogsbruket. *Treatment decisions in privately owned forestry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
12. Lönnstedt, L. 2009. *The Republic of South Africa's Forests Sector*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
13. Blicharska, M. 2009. *Planning processes for transport and ecological infrastructures in Poland – actors' attitudes and conflict*. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
14. Nylund, J-E. 2009. *Forestry legislation in Sweden*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
15. Björklund, L., Hesselman, J., Lundgren, C. & Nylinder, M. 2009. Jämförelser mellan metoder för fastvolymbestämning av stockar. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
16. Nylund, J-E. 2010. *Swedish forest policy since 1990 – reforms and consequences*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
17. Eriksson, L., m.fl. 2011. Skog på jordbruksmark – erfarenheter från de senaste decennierna. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
18. Larsson, F. 2011. Mätning av bränsleved – Fastvolym, torrhalt eller vägning? Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
19. Karlsson, R., Palm, J., Woxblom, L. & Johansson, J. 2011. Konkurrenskraftig kundanpassad affärsutveckling för lövträ - Metodik för samordnad affärs- och teknikutveckling inom leverantörskedjan för björkämnen. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
20. Hannerz, M. & Bohlin, F., 2012. Markägares attityder till plantering av poppel, hybridasp och *Salix* som energigrödor – en enkätundersökning. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
21. Nilsson, D., Nylinder, M., Fryk, H. & Nilsson, J. 2012. Mätning av grothflis. *Measuring of fuel chips*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
22. Sjöstedt, V. 2013. *The Role of Forests in Swedish Media Response to Climate Change – Frame analysis of media 1992-2010*. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
23. Nylinder, M. & Fryk, H. 2014. Mätning av delkvistad energived. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

## Examensarbeten/Master Thesis

1. Stangebye, J. 2007. Inventering och klassificering av kvarlämnad virkesvolym vid slutavverkning. *Inventory and classification of non-cut volumes at final cut operations*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
2. Rosenquist, B. 2007. Bidragsanalys av dimensioner och postningar – En studie vid Vida Alvesta. *Financial analysis of economic contribution from dimensions and sawing patterns – A study at Vida Alvesta*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
3. Ericsson, M. 2007. En lyckad affärsrelation? – Två fallstudier. *A successful business relation? – Two case studies*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
4. Ståhl, G. 2007. Distribution och försäljning av kvalitetsfuru – En fallstudie. *Distribution and sales of high quality pine lumber – A case study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
5. Ekholm, A. 2007. Aspekter på flyttkostnader, fastighetsbildning och fastighetstorlekar. *Aspects on fixed harvest costs and the size and dividing up of forest estates*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
6. Gustafsson, F. 2007. Postningsoptimering vid sönderdelning av fura vid Sätters Ångsåg. *Saw pattern optimising for sawing Scots pine at Sätters Ångsåg*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
7. Götherström, M. 2007. Följdeckter av olika användningssätt för vedråvara – en ekonomisk studie. *Consequences of different ways to utilize raw wood – an economic study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
8. Nashr, F. 2007. *Profiling the strategies of Swedish sawmilling firms*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
9. Högsborn, G. 2007. Sveriges producenter och leverantörer av limträ – En studie om deras marknader och kundrelationer. *Swedish producers and suppliers of glulam – A study about their markets and customer relations*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
10. Andersson, H. 2007. *Establishment of pulp and paper production in Russia – Assessment of obstacles*. Etablering av pappers- och massaproduktion i Ryssland – bedömning av möjliga hinder. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
11. Persson, F. 2007. Exponering av trägolv och lister i butik och på mässor – En jämförande studie mellan sport- och bygghandeln. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
12. Lindström, E. 2008. En studie av utvecklingen av drivningsnett i skogsbruket. *A study of the net conversion contribution in forestry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
13. Karlhager, J. 2008. *The Swedish market for wood briquettes – Production and market development*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
14. Höglund, J. 2008. *The Swedish fuel pellets industry: Production, market and standardization*. Den Svenska bränslepelletsindustrin: Produktion, marknad och standardisering. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
15. Trulsson, M. 2008. Värmebehandlat trä – att inhämta synpunkter i produktutvecklingens tidiga fas. *Heat-treated wood – to obtain opinions in the early phase of product development*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
16. Nordlund, J. 2008. Beräkning av optimal batchstorlek på gavelspikningslinjer hos Vida Packaging i Hestra. *Calculation of optimal batch size on cable drum flanges lines at Vida Packaging in Hestra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
17. Norberg, D. & Gustafsson, E. 2008. *Organizational exposure to risk of unethical behaviour – In Eastern European timber purchasing organizations*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
18. Bäckman, J. 2008. Kundrelationer – mellan Setragroup AB och bygghandeln. *Customer Relationshipship – between Setragroup AB and the DIY-sector*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
19. Richnau, G. 2008. *Landscape approach to implement sustainability policies? - value profiles of forest owner groups in the Helgeå river basin, South Sweden*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
20. Sokolov, S. 2008. *Financial analysis of the Russian forest product companies*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
21. Färlin, A. 2008. *Analysis of chip quality and value at Norske Skog Pisa Mill, Brazil*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
22. Johansson, N. 2008. *An analysis of the North American market for wood scanners*. En analys över den Nordamerikanska marknaden för träscannern. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
23. Terzieva, E. 2008. *The Russian birch plywood industry – Production, market and future prospects*. Den ryska björkplywoodindustrin – Produktion, marknad och framtida utsikter. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
24. Hellberg, L. 2008. Kvalitativ analys av Holmen Skogs internprissättningsmodell. *A qualitative analysis of Holmen Skogs transfer pricing method*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

25. Skoglund, M. 2008. Kundrelationer på Internet – en utveckling av Skandias webbplats. *Customer relationships through the Internet – developing Skandia's homepages*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
26. Hesselman, J. 2009. Bedömning av kunders uppfattningar och konsekvenser för strategisk utveckling. *Assessing customer perceptions and their implications for strategy development*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
27. Fors, P-M. 2009. *The German, Swedish and UK wood based bio energy markets from an investment perspective, a comparative analysis*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
28. Andrä, E. 2009. *Liquid diesel biofuel production in Sweden – A study of producers using forestry- or agricultural sector feedstock*. Produktion av förnyelsebar diesel – en studie av producenter av biobränsle från skogs- eller jordbrukssektorn. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
29. Barrstrand, T. 2009. Oberoende aktörer och Customer Perceptions of Value. *Independent actors and Customer Perception of Value*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
30. Fälldin, E. 2009. Påverkan på produktivitet och produktionskostnader vid ett minskat antal timmerlängder. *The effect on productivity and production cost due to a reduction of the number of timber lengths*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
31. Ekman, F. 2009. Stormskadornas ekonomiska konsekvenser – Hur ser försäkringsersättningsnivåerna ut inom familjeskogsbruket? *Storm damage's economic consequences – What are the levels of compensation for the family forestry?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
32. Larsson, F. 2009. Skogsmaskinföretagarnas kundrelationer, lönsamhet och produktivitet. *Customer relations, profitability and productivity from the forest contractors point of view*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
33. Lindgren, R. 2009. Analys av GPS Timber vid Rundviks sågverk. *An analysis of GPS Timber at Rundvik sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
34. Rådberg, J. & Svensson, J. 2009. Svensk skogsindustris framtida konkurrensfördelar – ett medarbetarperspektiv. *The competitive advantage in future Swedish forest industry – a co-worker perspective*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
35. Franksson, E. 2009. Framtidens rekrytering sker i dag – en studie av ingenjörstudenter uppfattningar om Södra. *The recruitment of the future occurs today – A study of engineering students' perceptions of Södra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
36. Jonsson, J. 2009. *Automation of pulp wood measuring – An economical analysis*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
37. Hansson, P. 2009. *Investment in project preventing deforestation of the Brazilian Amazonas*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
38. Abramsson, A. 2009. Sydsvenska köpsågverksstrategier vid stormtimmerlagring. *Strategies of storm timber storage at sawmills in Southern Sweden*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
39. Fransson, M. 2009. Spridning av innovationer av träprodukter i byggvaruhandeln. *Diffusion of innovations – contrasting adopters views with non adopters*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
40. Hassan, Z. 2009. *A Comparison of Three Bioenergy Production Systems Using Lifecycle Assessment*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
41. Larsson, B. 2009. Kunders uppfattade värde av svenska sågverksföretags arbete med CSR. *Customer perceived value of Swedish sawmill firms work with CSR*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
42. Raditya, D. A. 2009. *Case studies of Corporate Social Responsibility (CSR) in forest products companies - and customer's perspectives*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
43. Cano, V. F. 2009. *Determination of Moisture Content in Pine Wood Chips*. Bachelor Thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
44. Arvidsson, N. 2009. Argument för prissättning av skogsfastigheter. *Arguments for pricing of forest estates*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
45. Stjernberg, P. 2009. Det hyggesfria skogsbruket vid Yttringe – vad tycker allmänheten? *Continuous cover forestry in Yttringe – what is the public opinion?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
46. Carlsson, R. 2009. *Fire impact in the wood quality and a fertilization experiment in Eucalyptus plantations in Guangxi, southern China*. Brandinverkan på vedkvaliteten och tillväxten i ett gödselexperiment i Guangxi, södra Kina. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
47. Jerenius, O. 2010. Kundanalys av tryckpappersförbrukare i Finland. *Customer analysis of paper printers in Finland*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
48. Hansson, P. 2010. Orsaker till skillnaden mellan beräknad och inmätt volym grot. *Reasons for differences between calculated and scaled volumes of tops and branches*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala



49. Eriksson, A. 2010. *Carbon Offset Management - Worth considering when investing for reforestation CDM*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
50. Fallgren, G. 2010. På vilka grunder valdes limträleverantören? – En studie om hur Setra bör utveckla sitt framtida erbjudande. *What was the reason for the choice of glulam deliverer? - A studie of proposed future offering of Setra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
51. Ryno, O. 2010. Investeringskalkyl för förbättrat värdeutbyte av furu vid Krylbo sågverk. *Investment Calculation to Enhance the Value of Pine at Krylbo Sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
52. Nilsson, J. 2010. Marknadsundersökning av färdigkapade produkter. *Market investigation of pre cut lengths*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
53. Mörner, H. 2010. Kundkrav på biobränsle. *Customer Demands for Bio-fuel*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
54. Sunesdotter, E. 2010. Affärsrelationers påverkan på Kinnarps tillgång på FSC-certifierad råvara. *Business Relations Influence on Kinnarps' Supply of FSC Certified Material*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
55. Bengtsson, W. 2010. Skogsfastighetsmarknaden, 2005-2009, i södra Sverige efter stormarna. *The market for private owned forest estates, 2005-2009, in the south of Sweden after the storms*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
56. Hansson, E. 2010. Metoder för att minska kapitalbindningen i Stora Enso Bioenergis terminallager. *Methods to reduce capital tied up in Stora Enso Bioenergy terminal stocks*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
57. Johansson, A. 2010. Skogsallmänningars syn på deras bankrelationer. *The commons view on their bank relations*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
58. Holst, M. 2010. Potential för ökad specialanpassning av trävaror till byggföretag – nya möjligheter för träleverantörer? *Potential for greater customization of the timber to the construction company – new opportunities for wood suppliers?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
59. Ranudd, P. 2010. Optimering av råvaruflöden för Setra. *Optimizing Wood Supply for Setra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
60. Lindell, E. 2010. Rekreation och Natura 2000 – målkonflikter mellan besökare och naturvård i Stendörrens naturreservat. *Recreation in Natura 2000 protected areas – visitor and conservation conflicts*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
61. Coletti Pettersson, S. 2010. Konkurrentanalys för Setragroup AB, Skutskär. *Competitive analysis of Setragroup AB, Skutskär*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
62. Steiner, C. 2010. Kostnader vid investering i flisaggregat och tillverkning av pellets – En komparativ studie. *Expenses on investment in wood chipper and production of pellets – A comparative study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
63. Bergström, G. 2010. Bygghandelns inköpsstrategi för träprodukter och framtida efterfrågan på produkter och tjänster. *Supply strategy for builders merchants and future demands for products and services*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
64. Fuente Tomai, P. 2010. *Analysis of the Natura 2000 Networks in Sweden and Spain*. Bachelor Thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
65. Hamilton, C-F. 2011. Hur kan man öka gallringen hos privata skogsägare? En kvalitativ intervjustudie. *How to increase the thinning at private forest owners? A qualitative questionnaire*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
66. Lind, E. 2011. Nya skogsbaserade material – Från Labb till Marknad. *New wood based materials – From Lab to Market*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
67. Hulusjö, D. 2011. Förstudie om e-handel vid Stora Enso Packaging AB. *Pilot study on e-commerce at Stora Enso Packaging AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
68. Karlsson, A. 2011. Produktionsekonomi i ett lövsågverk. *Production economy in a hardwood sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
69. Bränngård, M. 2011. En konkurrensanalys av SCA Timbers position på den norska bygghandelsmarknaden. *A competitive analyze of SCA Timbers position in the Norwegian builders merchant market*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
70. Carlsson, G. 2011. Analysverktyget Stockluckan – fast eller rörlig postning? *Fixed or variable tuning in sawmills? – an analysis model*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
71. Olsson, A. 2011. Key Account Management – hur ett sågverksföretag kan hantera sina nyckelkunder. *Key Account Management – how a sawmill company can handle their key customers*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

72. Andersson, J. 2011. Investeringsbeslut för kraftvärmeproduktion i skogsindustrin. *Investment decisions for CHP production in The Swedish Forest Industry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
73. Bexell, R. 2011. Hög fyllnadsgrad i timmerlagret – En fallstudie av Holmen Timbers sågverk i Braviken. *High filling degree in the timber yard – A case study of Holmen Timber's sawmill in Braviken*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
74. Bohlin, M. 2011. Ekonomisk utvärdering av ett grantimmersortiment vid Bergkvist Insjön. *Economic evaluation of one spruce timber assortment at Bergkvist Insjön*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
75. Enqvist, I. 2011. Psykosocial arbetsmiljö och riskbedömning vid organisationsförändring på Stora Enso Skutskär. *Psychosocial work environment and risk assessment prior to organizational change at Stora Enso Skutskär*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
76. Nylinder, H. 2011. Design av produktkalkyl för vidareförädlade trävaror. *Product Calculation Design For Planed Wood Products*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
77. Holmström, K. 2011. Viskosmassa – framtid eller fluga. *Viscose pulp – fad or future*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
78. Holmgren, R. 2011. Norra Skogsägarnas position som trävaruleverantör – en marknadsstudie mot bygghandeln i Sverige och Norge. *Norra Skogsägarnas position as a wood-product supplier – A market investigation towards the builder-merchant segment in Sweden and Norway*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
79. Carlsson, A. 2011. Utvärdering och analys av drivningsentreprenörer utifrån offentlig ekonomisk information. *Evaluation and analysis of harvesting contractors on the basis of public financial information*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
80. Karlsson, A. 2011. Förutsättningar för betalningsgrundande skördarmätning hos Derome Skog AB. *Possibilities for using harvester measurement as a basis for payment at Derome Skog AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
81. Jonsson, M. 2011. Analys av flödesekonomi - Effektivitet och kostnadsutfall i Sveaskogs verksamhet med skogsbränsle. *Analysis of the Supply Chain Management - Efficiency and cost outcomes of the business of forest fuel in Sveaskog*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
82. Olsson, J. 2011. Svensk fartygsimport av fasta trädbaserade biobränslen – en explorativ studie. *Swedish import of solid wood-based biofuels – an exploratory study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
83. Ols, C. 2011. Retention of stumps on wet ground at stump-harvest and its effects on saproxylic insects. Bevarande av stubbar vid stubbrytning på våt mark och dess inverkan på vedlevande insekter. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
84. Börjegen, M. 2011. Utvärdering av framtida mätmetoder. *Evaluation of future wood measurement methods*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
85. Engström, L. 2011. Marknadsundersökning för högvärdiga produkter ur klenkubb. *Market survey for high-value products from thin sawn timber*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
86. Thorn-Andersen, B. 2012. Nuanskaffningskostnad för Jämtkrafts fjärrvärmeanläggningar. *Today-acquisition-cost for the district heating facilities of Jämtkraft*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
87. Norlin, A. 2012. Skogsägarföreningarnas utveckling efter krisen i slutet på 1970-talet – en analys av förändringar och trender. *The development of forest owners association's in Sweden after the crisis in the late 1970s – an analysis of changes and trends*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
88. Johansson, E. 2012. Skogsbränslebalansen i Mälardalsområdet – Kraftvärmeverkens syn på råvaruförsörjningen 2010-2015. *The balance of wood fuel in the region of Mälardalen – The CHP plants view of the raw material supply 2010-2015*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
89. Biruk, K. H. 2012. *The Contribution of Eucalyptus Woodlots to the Livelihoods of Small Scale Farmers in Tropical and Subtropical Countries with Special Reference to the Ethiopian Highlands*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
90. Otuba, M. 2012. *Alternative management regimes of Eucalyptus: Policy and sustainability issues of smallholder eucalyptus woodlots in the tropics and sub-tropics*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
91. Edgren, J. 2012. *Sawn softwood in Egypt – A market study*. En marknadsundersökning av den Egyptiska barrträmarknaden. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
92. Kling, K. 2012. *Analysis of eucalyptus plantations on the Iberian Peninsula*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
93. Heikkinen, H. 2012. Mätning av sorteringsdiameter för talltimmer vid Kastets sågverk. *Measurement of sorting diameter for pine logs at Kastet Sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

94. Munthe-Kaas, O. S. 2012. Markedsanalyse av skogsforsikring i Sverige og Finland. *Market analysis of forest insurance in Sweden and Finland*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
95. Dietrichson, J. 2012. Specialsortiment på den svenska rundvirkesmarknaden – En kartläggning av virkeshandel och -mätning. *Special assortments on the Swedish round wood market – A survey of wood trade and measuring*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
96. Holmquist, V. 2012. Timmerlängder till Iggesunds sågverk. *Timber lengths for Iggesund sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
97. Wallin, I. 2012. *Bioenergy from the forest – a source of conflict between forestry and nature conservation? – an analysis of key actor's positions in Sweden*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
98. Ederyd, M. 2012. Användning av avverkningslikvider bland svenska enskilda skogsägare. *Use of harvesting payments among Swedish small-scale forest owners*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
99. Högberg, J. 2012. Vad påverkar marknadsvärdet på en skogsfastighet? - En statistisk analys av markvärdet. *Determinants of the market value of forest estates. - A statistical analysis of the land value*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
100. Sääf, M. 2012. Förvaltning av offentliga skogsfastigheter – Strategier och handlingsplaner. *Management of Municipal Forests – Strategies and action plans*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
101. Carlsson, S. 2012. Faktorer som påverkar skogsfastigheters pris. *Factors affecting the price of forest estates*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
102. Ek, S. 2012. FSC-Fairtrade certifierade trävaror – en marknadsundersökning av två byggvaruhandlare och deras kunder. *FSC-Fairtrade labeled wood products – a market investigation of two builders' merchants, their business customers and consumers*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
103. Bengtsson, P. 2012. Rätt pris för timmerråvaran – en kalkylmodell för Moelven Vänerply AB. *Right price for raw material – a calculation model for Moelven Vänerply AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
104. Hedlund Johansson, L. 2012. Betalningsplaner vid virkesköp – förutsättningar, möjligheter och risker. *Payment plans when purchasing lumber – prerequisites, possibilities and risks*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
105. Johansson, A. 2012. *Export of wood pellets from British Columbia – a study about the production environment and international competitiveness of wood pellets from British Columbia*. Träpelletsexport från British Columbia – en studie om förutsättningar för produktion och den internationella konkurrenskraften av träpellets från British Columbia. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
106. af Wählberg, G. 2012. Strategiska val för Trivselhus, en fallstudie. *Strategic choices for Trivselhus, a case study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
107. Norlén, M. 2012. Utvärdering av nya affärsområden för Luna – en analys av hortikulturindustrin inom EU. *Assessment of new market opportunities for Luna – an analysis of the horticulture industry in the EU*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
108. Pilo, B. 2012. Produktion och beståndsstruktur i fullskiktad skog skött med blädningsbruk. *Production and Stand Structure in Uneven-Aged Forests managed by the Selection System*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
109. Elmkvist, E. 2012. Den ekonomiska konsekvensen av ett effektiviseringsprojekt – fallet förbättrad timmersortering med hjälp av röntgen och 3D-mätning. *The economic consequences of an efficiency project - the case of improved log sorting using X-ray and 3D scanning*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
110. Pihl, F. 2013. Beslutsunderlag för besökarundersökningar - En förstudie av Upplandsstiftelsens naturområden. *Decision Basis for Visitor Monitoring – A pre-study of Upplandsstiftelsen's nature sites*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
111. Hulusjö, D. 2013. *A value chain analysis for timber in four East African countries – an exploratory case study*. En värdekedjeanalys av virke i fyra Östafrikanska länder – en explorativ fallstudie. Bachelor Thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
112. Ringborg, N. 2013. Likviditetsanalys av belånade skogsfastigheter. *Liquidity analysis of leveraged forest properties*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
113. Johnsson, S. 2013. Potential för pannvedsförsäljning i Nederländerna - en marknadsundersökning. *Potential to sell firewood in the Netherlands – a market research*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
114. Nielsen, C. 2013. Innovationsprocessen: Från förnyelsebart material till produkt. *The innovation process: From renewable material to product*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
115. Färdeman, D. 2013. Förutsättningar för en lyckad lansering av "Modultrall" - En studie av konsumenter, små byggföretag och bygghandeln. *Prerequisites for a successful launch of Modular Decking - A study of consumers, small building firms and builders merchants firms*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

116. af Ekenstam, C. 2013. Produktionsplanering – fallstudie av sågverksplanering, kontroll och hantering. *Production – case study of sawmill Planning Control and Management*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
117. Sundby, J. 2013. Affärsrådgivning till privatskogsägare – en marknadsundersökning. *Business consultation for non-industry private forest owners – a market survey*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
118. Nylund, O. 2013. Skogsbränslekedjan och behov av avtalsmallar för skogsbränsleentreprenad. *Forest fuel chain and the need for agreement templates in the forest fuel industry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
119. Hoflund, P. 2013. Sågklassläggning vid Krylbo såg – En studie med syfte att öka sågutbytet. *Saw class distribution at Krylbo sawmill - a study with the aim to increase the yield*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
120. Snögren, J. 2013. Kundportföljen i praktiken – en fallstudie av Orsa Lamellträ AB. *Customer portfolio in practice – a case study of Orsa Lamellträ AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
121. Backman, E. 2013. Förutsättningar vid köp av en skogsfastighet – en analys av olika köparens kassaflöde vid ett fastighetsförvärv. *Conditions in an acquisition of a forest estate – an analysis of different buyers cash flow in a forest estate acquisition*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
122. Jacobson Thalén, C. 2013. Påverkan av e-handels framtida utveckling på pappersförpackningsbranschen. *The future impact on the paper packaging industry from online sales*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
123. Johansson, S. 2013. Flödesstyrning av biobränsle till kraftvärmeverk – En fallstudie av Ryaverket. *Suggestions for a more efficient flow of biofuel to Rya Works (Borås Energi och Miljö AB)*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
124. von Ehrenheim, L. 2013. *Product Development Processes in the Nordic Paper Packaging Companies: An assessments of complex processes*. Produktutvecklingsprocesser i de nordiska pappersförpackningsföretagen: En analys av komplexa processer. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
125. Magnusson, D. 2013. Investeringsbedömning för AB Karl Hedins Sågverk i Krylbo. *Evaluation of an investement at AB Karl Hedin's sawmill in Krylbo*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
126. Fernández-Cano, V. 2013. Epoxidiserad linolja som hydrofob substans för träskydd - teknologi för behandling och egenskaper av modifierat trä. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
127. Lönnqvist, W. 2013. Analys av värdeoptimeringen i justerverket – Rörvik Timber. *Analysis of Value optimization in the final grading – Rörvik Timber*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
128. Pettersson, T. 2013. Rätt val av timmerråvara – kan lönsamheten förbättras med en djupare kunskap om timrets ursprung? *The right choice of saw logs – is it possible to increase profitability with a deeper knowledge about the saw logs' origin?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
129. Schotte, P. 2013. Effekterna av en ny råvara och en ny produktmix i en komponentfabrik. *Effects of a new raw material and a new productmix in a component factory*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
130. Thiger, E. 2014. Produktutveckling utifrån nya kundinsikter. *Product development based on new customer insights*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
131. Olsson, M. 2014. Flytande sågklassläggning på Iggesund sågverk. *Flexible sorting of logs at Iggesund sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
132. Eriksson, F. 2014. Privata skogsägars betalningsvilja för skogsförvaltning. *Non- industrial private forest owners' willingness to pay for forest administration*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
133. Hansson, J. 2014. Marknadsanalys av douglasgran (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) i Sverige, Danmark och norra Tyskland. *Market analysis of douglas fir (Pseudotsuga menziesii [Mirb.] Franco) in Sweden, Denmark and northern Germany*.
134. Magnusson, W. 2014. *Non-state actors' role in the EU forest policy making – A study of Swedish actors and the Timber Regulation negotiations*. Icke statliga aktörers roll i EU:s skogspolicy – En studie av svenska aktörer i förhandlingarna om timmerförordningen. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
135. Berglund, M. 2014. Logistisk optimering av timmerplan – En fallstudie av Kåge såg. *Logistical optimization of the timber yard – A case study of Kåge såg*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
136. Ahlbäck, C.H. 2014. Skattemässiga aspekter på generationsskiftet av skogsfastigheter. *Fiscal aspects of ownership succession within forest properties*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
137. Wretemark, A. 2014. Skogsfastigheters totala produktionsförmåga som förklarande variabel vid prissättning. *Forest estate timber producing capability as explainabler variable for pricing*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

138. Friberg, G. 2014. En analysmetod för att optimera skotning mot minimerad körsträcka och minimerad påverkan på mark och vatten. *A method to optimize forwarding towards minimized driving distance and minimized effect on soil and water*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
139. Wetterberg, E. 2014. Spridning av innovationer på en konkurrensutsatt marknad. *Diffusion of Innovation in a Competitive Market*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
140. Zander, E. 2014. Bedömning av nya användningsområden för sågade varor till olika typer av emballageprodukter. *Assessment of new packaging product applications for sawn wood*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
141. Johansson, J. 2014. *Assessment of customers' value-perceptions' of suppliers' European pulp offerings*. Bedömning av Europeiska massakunders värdeuppfattningar kring massaproducenters erbjudanden. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
142. Odlander, F. 2014. Att upprätta ett konsignationslager – en best practice. *Establishing a consignment stock – a best practice*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
143. Levin, S. 2014. *The French market and customers' perceptions of Nordic softwood offerings*. Den franska marknaden och kundernas uppfattning om erbjudandet av nordiska sågade trävaror. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
144. Larsson, J. 2014. *Market analysis for glulam within the Swedish construction sector*. Marknadsanalys för limträ inom den svenska byggbranschen. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
145. Eklund, J. 2014. *The Swedish Forest Industries' View on the Future Market Potential of Nanocellulose*. Den svenska skogsindustrins syn på nanocellulosans framtida marknadspotential. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
146. Berglund, E. 2014. *Forest and water governance in Sweden*. Styrning av skog och vatten i Sverige. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
147. Anderzén, E. 2014. Svenska modebranschens efterfrågan av en svensktillverkad cellulosebaserad textil. *The Swedish fashion industry's demand for Swedish-made cellulose-based textiles*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
148. Gemmel, A. 2014. *The state of the Latvian wood pellet industry: A study on production conditions and international competitiveness*. Träpelletsindustrin i Lettland: En studie i produktionsförhållanden och internationell konkurrenskraft. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
149. Thorning, A. 2014. Drivkrafter och barriärer för FSC-certifiering inom försörjningskedjan till miljöcertifierade byggnader. *Drivers and barriers for FSC certification within the supply chain for environmentally certified buildings*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
150. Kvick, L. 2014. Cellulosebaserade textilier - en kartläggning av förädlingskedjan och utvecklingsprojekt. *Cellulose based textiles - a mapping of the supply chain and development projects*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
151. Ahlgren, A. 2014. *A Swedish national forest programme – participation and international agreements*. Ett svenskt skogsprogram – deltagande och internationella överenskommelser. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
152. Ingmar, E. 2015. *An assessment of public procurement of timber buildings – a multi-level perspective of change dynamics within the Swedish construction sector*. En analys av offentliga aktörer och flervåningshus i trä – ett socio-tekniskt perspektiv på djupgående strukturella förändringar inom den svenska byggsektorn. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
153. Widenfalk, T. 2015. Kartläggning och analys av utfrakter vid NWP AB. *Mapping and analysis of transport of sawn good at NWP AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
154. Bolmgren, A. 2015. Hur arbetar lönsamma skogsmaskinentreprenörer i Götaland? *How do profitable forest contractors work in Götaland?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
155. Knutsson, B. 2015. Ägarkategoriens och andra faktorer inverkan på skogsfastigheters pris vid försäljning. *The effect of ownership and other factors effect on forest property's price at the moment of sale*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
156. Röhfors, G. 2015. Däckutrustningens påverkan på miljö och driftsekonomi vid rundvirkestransport. *The tire equipment's effect on environment and operating costs when log hauling*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
157. Matsson, K. 2015. *The impact of the EU Timber Regulation on the Bosnia and Herzegovinian export of processed wood*. Effekterna av EU:s förordning om timmer på exporten av träprodukter från Bosnien och Herzegovina. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
158. Wickberg, H. 2015. Kortare timmer till sågen, en fallstudie om sänkt stötmån. *Shorter timber to the sawmill, a case study on reduced trim allowance*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

159. Gräns, A. 2015. Konstruktörers syn på trä som konstruktionsmaterial - Utbildning och information. *Wood as a construction material from the structural engineer's point of view - Education and information*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
160. Sydh Göransson, M. 2015. Skogsindustrins roll i bioekonomin – Vad tänker riksdagspolitikerna? *The forest industry's role in the bioeconomy – What do Swedish MPs think of it?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
161. Lööf, M. 2015. En systemanalys av tyngre lastbilers påverkan på tågtransporter. *An analysis on the effects of heavier vehicles impact on railway transportation*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
162. Bergkvist, S. 2015. Trähusindustrins marknadsföring av klimatfördelar med trä – en studie om kommunikationen beträffande träbyggandets klimatfördelar. *The Wooden house industry marketing of climate benefits of wood - A study on the communication of climate benefits of wood construction*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
163. Nordgren, J. 2015. Produktkalkyl för vidareförädlade produkter på Setra Rolfs såg & hyvleri. *Product calculation for planed wood products at Setra Rolfs saw & planingmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
164. Rowell, J. 2015. Framtidens påverkan på transport- och hanteringskostnader vid försörjning av skogsbränsle till kraftvärmeverk. *Future Impact on Transport- and Handling Costs at Forest fuel Supply to a Combined Heat and Powerplant*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
165. Nylinder, T. 2015. Investeringskalkyl för lamellsortering i en limträfabrik. *Investment Calculation of lamella sorting in a glulam factory*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
166. Mattsson, M. 2015. Konsekvenser vid förbättrad leveranssäkerhet och avvikelserapportering för timmerleveranser. *Consequences of improved delivery reliability and deviation reporting of log supplies*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
167. Fridell, P. 2016. Digital marknadsföring av banktjänster mot yngre skogs- och lantbruksintresserade personer. *Digital marketing of banking services to younger forestry and agricultural interested persons*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
168. Berntsson, K. 2016. Biobaserat mervärde i förpackningsindustrin. *Bio-based added value in packaging industry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
169. Thelin, I. 2016. Stillestånd för rundvirkesbilar utan kran – En studie i effekter och orsaker till icke-värdeskapande tid. *Production shortfalls for log transportation companies without crane – A study of effects and causes for non value-creating time*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
170. Norrman, M. 2016. Kundnöjdhet vid jord-och skogsaffärer – Fallet Areal. *Customer satisfaction in agriculture and forest property conveys – the case Areal*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
171. Paulsson, A. 2016. Biobaserad marktäckning i svenskt jordbruk och trädgårdsnäring – en behovsanalys. *Biobased Mulching in Swedish Agriculture and Horticulture – a Customer Need's analysis*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
172. Stenlund, A. 2016. Kommunikation av hållbarhetsarbete inom svensk skogsindustri – en fallstudie av Södra Skogsägarnas Gröna bokslut. *Communicating Corporate Social Responsibility – a case study approach within Swedish forest industry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
173. Gyllenstierna, L. 2016. Framtidens kompetensförsörjning till jordbruksföretag – Tillgång och efterfrågan på framtida ledare mot svenska jordbruksföretag. *Future supply of labour to the agricultural industry – Supply and demand of the future managers within Swedish agricultural companies*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
174. Arén, E. 2016. Investeringsbeslutsunderlag för Certifierad Målad Panel (CMP) genom LCA-analys. *Investment basis for Certifierad Målad Panel (CMP) by LCA-analysis*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

Distribution  
Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för skogens produkter  
Department of Forest Products  
Box 7008  
SE-750 07 Uppsala, Sweden  
Tfn. +46 (0) 18 67 10 00  
Fax: +46 (0) 18 67 34 90  
E-mail: [sprod@slu.se](mailto:sprod@slu.se)